

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Viktorija Dobravec

Zagreb, 2015.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentori:

Dr. sc. Davor Zvizdić, dipl. ing.

Student:

Viktorija Dobravec

Zagreb, 2015.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradila samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se prof. dr. sc. Davoru Zvizdiću na slobodi odabira teme za ovaj rad te prihvatanja mentorstva i pruženoj pomoći tijekom izrade ovog rada. Zahvaljujem se i dipl.ing. Andreju Majdišu na pruženim podacima potrebnim za analizu te na stručnim savjetima prilikom izrade rada.

Viktorija Dobravec



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
procesno-energetski, konstrukcijski, brodstrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Viktorija Dobravec**

Mat. br.: 0035186603

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Razdjelnici topline**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Heating cost allocators**

Opis zadatka:

Za potrebe mjerenja toplinske energije pri daljinskom zagrijavanju u toplinskim mrežama, potrebno je analizirati karakteristike postojećih tipova uređaja koji se koriste za razdjeljivanje toplinske energije te razmotriti njihova svojstva s obzirom na metodologiju rada koju koriste.

U radu je potrebno izraditi:

- Pregled teorijskih podloga za mjerenja i razdjelu toplinske energije,
- Pregled tipova i klasifikacija razdjelnika toplinske energije sa shemama primjene,
- Usporedbu tipova razdjelnika obzirom na njihove prednosti u eksploataciji,
- Usporedbu zahtjeva na točnost obzirom na mjerila toplinske energije,
- Analizu podataka prikupljenih mjerenjem, uz njihov grafički i tablični prikaz.

U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

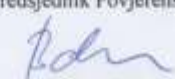
Zadatak zadan:
25. studenog 2014.

Zadatak zadan:


Prof. dr. sc. Davor Zvizdić

Rok predaje rada:
1. rok: 26. veljače 2015.
2. rok: 17. rujna 2015.

Predviđeni datumi obrane:
1. rok: 2., 3., i 4. ožujka 2015.
2. rok: 21., 22., i 23. rujna 2015.
Predsjednik Povjerenstva:


Prof. dr. sc. Igor Balen

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	III
SAŽETAK.....	IV
SUMMARY	V
1. GRIJANJE.....	1
1.1. Podjela sustava grijanja.....	1
1.2. Podjela toplinskih sustava prema Hrvatskom zakonu.....	3
1.3. Mjerenje potrošnje toplinske energije.....	4
1.4. Podjela zgrada prema razdoblju gradnje	5
1.5. Zakonske regulative	7
2. RAZDJELNICI TOPLINE	9
2.1. Opći podaci o razdjelnicima topline	9
2.1.1. Elektronički razdjelnici topline.....	10
2.1.1.1. Definicije uz elektroničke razdjelnike topline prema EN 834.....	11
2.1.1.2. Zahtjevi koji se postavljaju na razdjelnike topline	13
2.1.1.3. Zahtjevi koji se postavljaju na primjenu i ugradnju.....	14
2.1.1.4. Ostali zahtjevi	16
2.1.1.5. Princip rada elektroničkih razdjelnika topline	16
2.1.2. Isparnički razdjelnici topline.....	18
2.1.2.1. Definicije uz isparničke razdjelnike topline prema EN 835	19
2.1.2.2. Zahtjevi koji se postavljaju na isparničke razdjelnike topline	21
2.1.2.3. Zahtjevi koji se postavljaju na primjenu i ugradnju.....	23
2.1.2.4. Ostali zahtjevi	24
2.1.2.5. Princip rada	24
2.1.3. Usporedba elektroničkih i isparivačkih razdjelnika topline.....	24
2.2. Mjerila toplinske energije	25
3. DODATNI UREĐAJI I POSTUPCI PRILIKOM UGRADNJE RAZDJELNIKA TOPLINE.....	27

3.1. Uređaji za regulaciju odavanja topline.....	27
3.2. Cirkulacijske pumpe	30
3.3. Hidrauličko uravnoteženje cijevne mreže.....	33
4. POSTUPAK UGRADNJE RAZDJELNIKA	39
5. ANALIZA PODATAKA PRIKUPLJENIH MJERENJEM.....	42
6. ZAKLJUČAK.....	48
LITERATURA.....	49

POPIS SLIKA

Slika 1.	Primjeri individualnog grijanja - kamin, željezna peć, grijalica konvekcijom	1
Slika 2.	Dvocijevni sustav toplovodnog grijanja s donjim razvodom	2
Slika 3.	Sustav daljinskog grijanja i proizvodnje električne energije	3
Slika 4.	Elektronički razdjelnik topline - Brunata Futura	11
Slika 5.	Ovisnost točnosti pokazivanja razdjelnika o točki ugradnje na radijatoru	15
Slika 6.	Princip rada elektroničkih razdjelnika topline	17
Slika 7.	Isparnički razdjelnik topline - Brunata	19
Slika 8.	Vrste cilindričnih ampula	22
Slika 9.	Primjer mjerila toplinske energije - Brunata Ray	26
Slika 10.	Termostatski ventil s termostatskom glavom - Brunata	27
Slika 11.	Princip rada termostatskog ventila - Herz	28
Slika 12.	Način rada termostatskog ventila - Herz	29
Slika 13.	Radna točka pumpe - sjecište karakteristike cjevovoda i pumpe	31
Slika 14.	Regulatori diferencijalnog tlaka - Herz	33
Slika 15.	Neuravnotežen i uravnotežen sustav grijanja	34
Slika 16.	Potpuno uravnotežen sustav pomoću automatskog balans ventila	37
Slika 17.	Kombinirani regulacijski i balans ventili - Danfoss AB - QM	37
Slika 18.	Programator sa i bez razdjelnika topline	40
Slika 19.	Usporedba potrošnje ogrjevnih sezona 2012/13. i 2013/14. na godišnjoj razini ..	42
Slika 20.	Usporedba potrošnje ogrjevnih sezona 2012/13. i 2013/14. po mjesecima	43
Slika 21.	Usporedba potrošnje između stanova s i bez ugrađenih razdjelnika topline određenih prema jednom od modela prema Pravilniku	44
Slika 22.	Ponašanje pojedinih stanova u korištenju toplinske energije - slučaj 1	45
Slika 23.	Ponašanje pojedinih stanova u korištenju toplinske energije - slučaj 2	45
Slika 24.	Ponašanje pojedinih stanova u korištenju toplinske energije - slučaj 3	46

SAŽETAK

U sklopu ovog rada analiziraju se karakteristike razdjelnika topline. To su uređaji koji određuju udio toplinske energije isporučene samostalnoj uporabnoj cjelini u ukupno isporučenoj toplinskoj energiji izmjerenoj na zajedničkom mjerilu toplinske energije. Razdjelnici topline nisu mjerila toplinske energije.

U prvom poglavlju navedene su osnove sustava grijanja te je dan kratak pregled načina mjerenja potrošnje toplinske energije u svrhu naplate isporučene toplinske energije. Navedena je i zakonska regulativa koja propisuje ugradnju razdjelnika topline i termostatskih radijatorskih ventila.

Drugo poglavlje donosi klasifikaciju razdjelnika topline prema europskim normama za elektroničke razdjelnike topline prema normi EN 834 i za isparničke razdjelnike topline prema normi EN 835. Prikazane su osnovne karakteristike uređaja s konstrukcijskim zahtjevima. Nadalje, usporednom analizom tipova razdjelnika ističu se njihove prednosti odnosno nedostaci u eksploataciji.

Treće poglavlje definira dodatne uređaje i postupke potrebne uz ugradnju razdjelnika topline.

U četvrtom poglavlju ukratko se opisuju faze prilikom ugradnje uređaja od donošenja odluke o ugradnji razdjelnika topline i izbora specijalizirane tvrtke koja će obavljati radove do očitavanja potrošnje na ugrađenim razdjelnicima i naplati toplinske energije.

Kroz peto poglavlje se analiziraju podaci prikupljeni mjerenjem potrošnje toplinske energije za dvije ogrjevnice sezone, jedna bez ugrađenih razdjelnika te druga s ugrađenim razdjelnicima topline.

Ključne riječi:

grijanje, razdjelnici topline, toplinska energija, mjerenje, termostatski radijatorski ventili

SUMMARY

This thesis examines the characteristics of heat cost allocators. Heat cost allocators do not measure heat energy. Instead, they determine the share of heat delivered to single consumer units in total heat consumption, measured by common heat energy meters.

First, heating systems are introduced and the fundamental principles are discussed. A brief overview of different approaches to the measurement of heat consumption for billing purposes is given. The legal regulations pertaining to the installation of heat cost allocators and thermostatic radiator valves are also presented.

Second, heat cost allocators are classified according to the European Standard EN 834 for the appliances with electrical energy supply and the European Standard EN 835 for the appliances without electrical energy supply based on the evaporation principle. The basic characteristics of heat cost allocators as well as the design requirements are also discussed. Furthermore, a comparative analysis of different types of heat cost allocators is made to show their respective advantages and disadvantages in use.

Next, additional equipment and procedures required for proper installation of heat cost allocators are defined.

Then, the steps to be taken in the process of heat cost allocator installation are described, from a decision to install the device, the selection of a company specializing in heat cost allocator installation that will carry out the task to heat consumption reading and heat energy billing.

Finally, the data collected by measuring heat energy consumption during two heating seasons, one without and the other with installed heat cost allocators, are analyzed.

Key words: heating, heat energy, heat cost allocators, measurements, thermostatic radiator valve

1. GRIJANJE

Grijanje se definira kao prijenos toplinske energije zraku u prostoriji a uzrokovano je temperaturnom razlikom između izvora topline i zraka u prostoriji. Zadatak grijanja je pokrivanje toplinskih gubitaka prostorije i/ili čitave zgrade dovođenjem potrebne količine topline tako da se održava toplinska ravnoteža između ljudskog tijela i njegove okoline. [1] Tehničke uvjete za sustave grijanja određuje željena toplinska ugodnost takva da odgovara najvećem mogućem broju osoba. [2] Toplinska ugodnost se prema ISO 7730 definira kao stanje svijesti koje izražava zadovoljstvo toplinskim stanjem okoliša. [3]

1.1. Podjela sustava grijanja

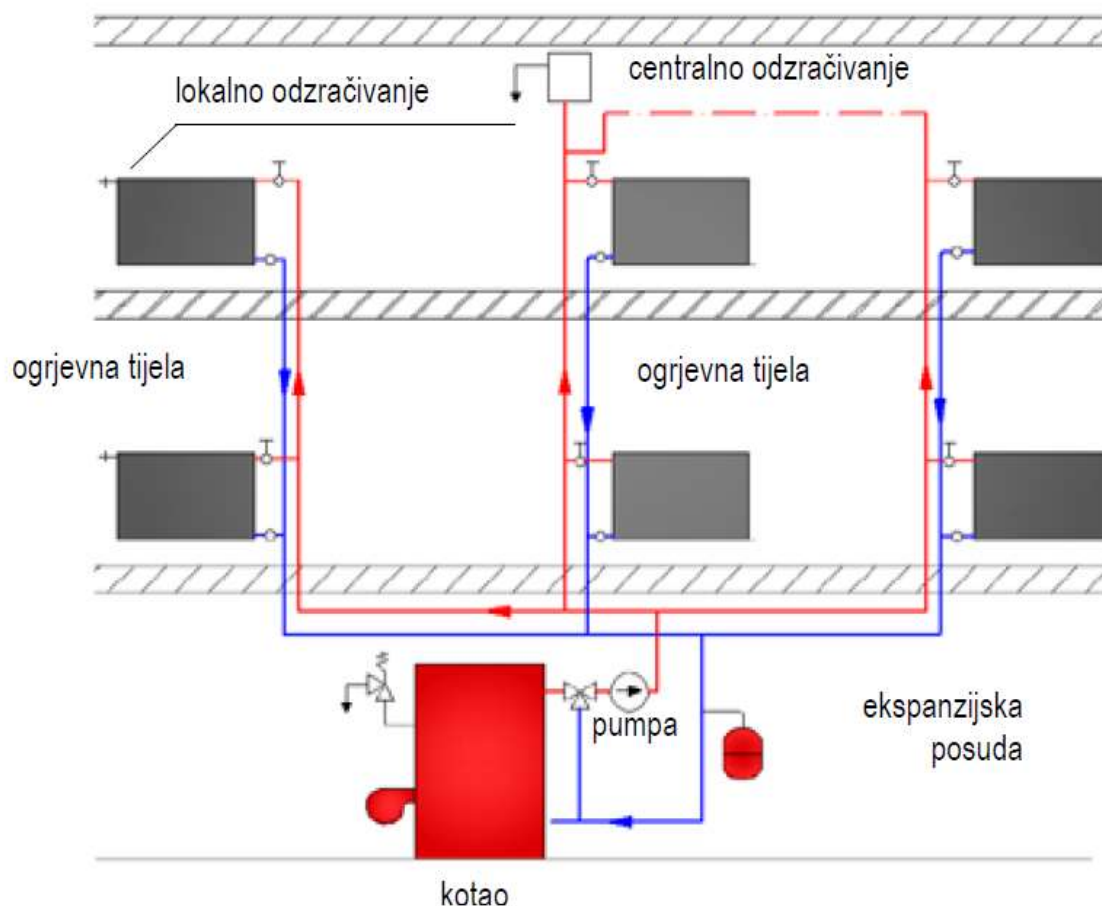
Sustav grijanja čine svi elementi koji u nekom objektu služe za grijanje prostorija. Odabir određene vrste ovisi o brojnim faktorima kao što su vremenski uvjeti zadane geografske lokacije, položaj, tip i vrijeme korištenje zgrade, raspoloživost izvora energije, investicijski i pogonski troškovi, zakoni, norme, propisi, preporuke te utjecaj na okoliš. [4] Standardna podjela prema strojarskim priručnicima te priručnicima za grijanje razlikuje sljedeće sustave grijanja prema njihovoj izvedbi [3] :

- **INDIVIDUALNO GRIJANJE** ili pojedinačni grijači - izvor topline, odnosno ložište se nalazi u prostoriji koja se grije. Primjer za ovakav sustav grijanja su: kamini, peći, grijalice i slično.



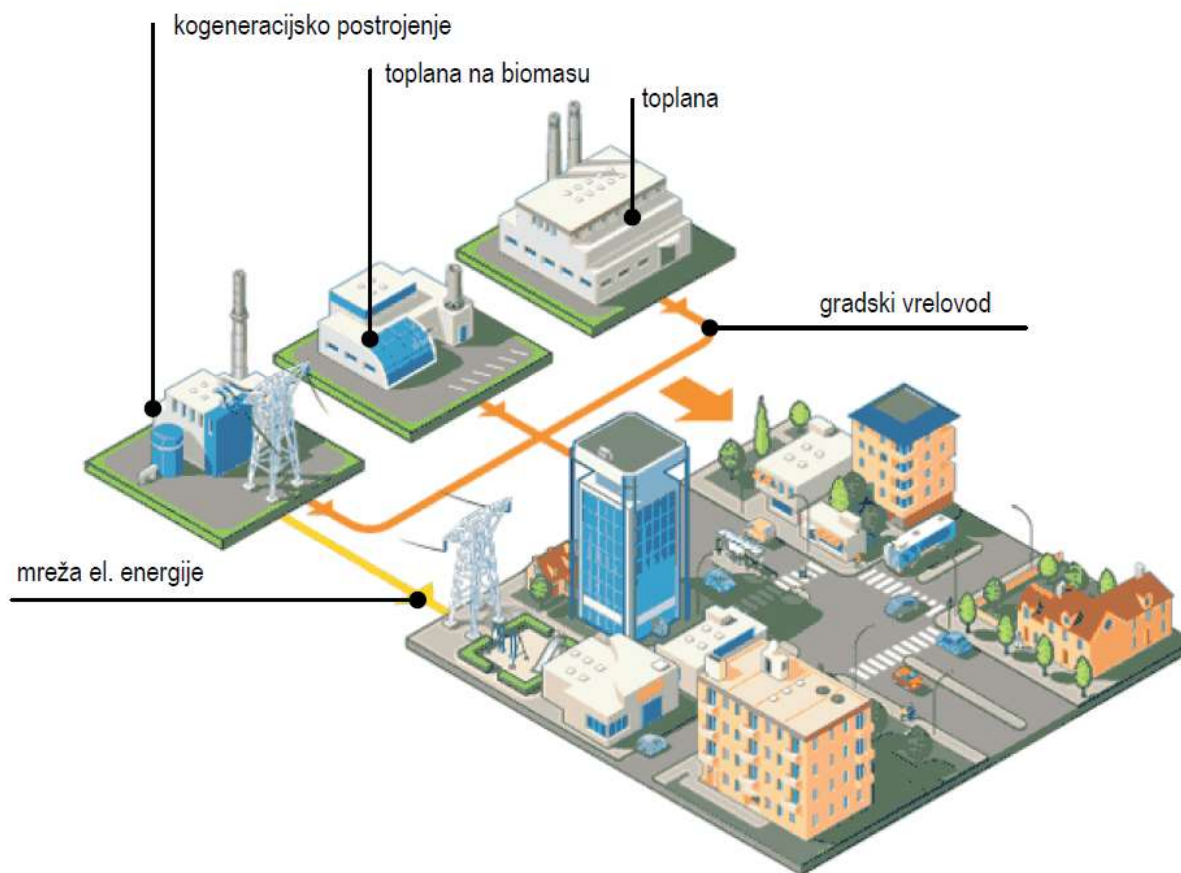
Slika 1. Primjeri individualnog grijanja - kamin, željezna peč, grijalica konvekcijom

- **CENTRALNO GRIJANJE** - postoji jedan izvor topline za više prostora unutar zgrade. Kod ovog sustava grijanja izvor topline, odnosno ložište najčešće se postavlja u podrumu zgrade takozvanoj kotlovnici, dok se u pojedinačnim prostorijama mogu postaviti ogrjevna tijela različitih vrsta. Također sustav može biti izveden i kao etažno grijanje tako da postoji jedan izvor topline za jednu stambenu jedinicu s jednim ili više kotlova.



Slika 2. Dvocijevni sustav toplovodnog grijanja s donjim razvodom

- **DALJINSKO GRIJANJE** - koristi jedan izvor topline za više zgrada, stambeni blok ili dio grada. Izvor topline su toplane ili kogeneracijska postrojenja za proizvodnju topline ali i električne energije.



Slika 3. Sustav daljinskog grijanja i proizvodnje električne energije

- **SUSTAVI POSEBNE IZVEDBE** - prvenstveno se odnose na takve izvore topline koji koriste obnovljive izvore energije kao što su sunčeva energija, biomasa ili pak dizalice topline te slični sustavi.

1.2. Podjela toplinskih sustava prema Hrvatskom zakonu

Način obračuna toplinske energije, koju obavlja kupac toplinske energije, razlikuje se ovisno o karakteristikama svake pojedine zgrade, a najviše ovisi o tipu toplinskog sustava na koji je zgrada spojena. Toplinski sustav definira se kao tehnički sustav koji se sastoji od uređaja i opreme za proizvodnju toplinske energije, unutarnjih i vanjskih instalacija ili distribucijske mreže te omogućuje opskrbu toplinskom energijom. U skladu sa Hrvatskim zakonom koji je reguliran u Zakonu o tržištu toplinske energije, razlikuju se tri tipa toplinskih sustava [5]:

- **SAMOSTALNI TOPLINSKI SUSTAV** koji obuhvaća jednu stambenu/poslovnu zgradu s više stambenih/poslovnih prostora koja je spojena na vlastitu kotlovnicu. Sustav čini kotlovnica, mjerilo toplinske energije te unutarnje instalacije.
- **ZATVORENI TOPLINSKI SUSTAV** koji obuhvaća više stambenih/poslovnih zgrada s ukupno maksimalno 500 stambenih/poslovnih prostora koje su spojene na jednu zajedničku kotlovnicu, a vanjske instalacije (cjevovodi) kojima su povezane imaju maksimalnu duljinu od 2.000 metara.
- **CENTRALNI TOPLINSKI SUSTAVI** koji obuhvaćaju veći broj stambenih/poslovnih zgrada s više od 500 stambenih/poslovnih prostora koje su spojene na jednu zajedničku kotlovnicu ili toplanu, a distribucijska mreža (cjevovodi) kojima su povezane je ukupne duljine veće od 2.000 metara.

1.3. Mjerenje potrošnje toplinske energije

Kroz povijest daljinskog grijanja u Hrvatskoj mjerenje toplinske energije obavljalo se na razne načine prema čemu su se i mijenjali načini obračuna potrošnje toplinske energije prema krajnjim korisnicima. U skladu sa europskim ali i svjetskim trendom uštede energije danas se teži primjeni tehnologije individualnog mjerenja toplinske energije.

Toplinska energija se u počecima obračunavala paušalno, na osnovi vršne potrošnje. Takav obračun znači da se utrošena toplinska energija za neku zgradu određuje sukladno broju vršnih sati rada na pragu toplane u proteklom mjesecu i instaliranoj snazi obračunavane zgrade. [6] Na taj način toplinska se energija obračunavala sve do sredine osamdesetih godina. Nakon tog razdoblja počinju se ugrađivati prva mjerila toplinske energije. Mjerila i danas predstavljaju temelj za određivanje isporučene toplinske energije zgradama ili pojedinim stanovima. Mjerila toplinske energije na osnovi jednadžbe stanja, uz potrebne podatke o razlici temperature, protoku te toplinskom kapacitetu ogrjevnog medija bilježe utrošenu toplinu. Mjerila su ugrađivana na svaku stambenu jedinicu koja predstavlja zasebni objekt u sustavu daljinskog grijanja i mjeri potrošnju za cijeli objekt. Raspodjela potrošnje na temeljne potrošače obavlja se na dva osnovna načina - ovisno da li se radi o stambenim ili poslovnim objektima. U slučaju stambenih objekata obračun se obavlja prema udjelu ukupne površine stambenog prostora pojedinog potrošača u ukupnoj stambenoj površini cijele zgrade.

Dobiveni postotak se množi s očitanoj utrošenom toplinskom energijom čitavog objekta. U slučaju poslovnih prostora obračun toplinske energije vrši se prema udjelu instalirane snage ogrjevnih tijela pojedinog poslovnog prostora u ukupnoj instaliranoj snazi svih poslovnih prostora spojenih na jedno mjerno mjesto. Dobiveni postotak se množi s očitanoj utrošenom toplinskom energijom čitavog objekta. Obračun toplinske energije na ovaj način prihvatljiv je za većinu potrošača toliko dugo dok su cijene energenata prihvatljive. Problemi se javljaju pri porastu cijena jer ovaj način obračuna ne omogućava individualnu uštedu obzirom da svaki pojedinačni potrošač plaća isti postotak ukupno utrošene toplinske energije bez obzira da li ju je on utrošio ili nije. Tim načinom potrošač ne može biti motiviran na štednju toplinske energije što je uz pravednu raspodjelu potrošnje krajnji cilj. Mjerila toplinske energije koja rade na ovaj princip nazivaju se kalorimetri. Oni se postavljaju u toplinskoj podstanici zgrade. Kao što je navedeno mjere ukupno isporučenu toplinsku energiju za čitavu zgradu. Također, postoje kalorimetri manjih protoka koji se koriste i kao mjerila toplinske energije za stanove u zgradama koje imaju horizontalan razvod cijevi centralnog grijanja. U takvim slučajevima moguće je ugraditi kalorimetar u ormarić pred stan i time se dobiva točna potrošnja toplinske energije tog stana. Takav način mjerenja je najispravniji i najprecizniji te u pravilu predstavlja standard za sve nove zgrade izgrađene nakon 2002. godine. [7]

U svim ostalim slučajevima, gdje nije moguće postaviti kalorimetre za svaki individualni stan ili su radovi potrebni za kompletnu promjenu sustava neisplativi, kao alat za individualnu naplatu grijanja koriste se razdjelnici topline. Razdjelnici topline nisu prava mjerila potrošnje te je uz njih i dalje potreban kalorimetar koji mjeri utrošenu toplinsku energiju čitave zgrade. Razdjelnici topline se Hrvatskoj prvi puta javljaju u sklopu pilot projekta na stambenom objektu u naselju Vrbik, Kninski trg 4-5, 1998. godine. Ugrađeni su elektronički razdjelnici sa sustavom daljinskog očitavanja kod kojih integrirana radio antene odašilje podatke o potrošnji.

1.4. Podjela zgrada prema razdoblju gradnje

Najveći dio stambenih zgrada u Hrvatskoj čine zgrade starije gradnje. Godina izgradnje zgrade daje približan uvid u građevinske karakteristike zgrade, korištene materijale u gradnji kao i termotehničke sustave za grijanje, hlađenje i ventilaciju. U ukupnom stambenom fondu Hrvatske gotovo 50 posto čine zgrade izgrađene prije sedamdesetih i osamdesetih godina dvadesetog stoljeća. Obzirom na primjenjeni sustav grijanja i vrstu gradnje te u skladu sa zakonskim propisima postojeće zgrade u Hrvatskoj podijeljene su prema sljedećim karakterističnim razdobljima [2],[8]:

- Zgrade građene prije 1940. godine - koriste se uglavnom peći na kruta goriva kao što su kamini i kalijeve peći koje se nalaze u grijanom prostoru tako da ne postoji razvod cijevne mreže sustava grijanja.
- Zgrade građene u razdoblju od 1940. do 1970. godine - još uvijek se koriste peći na kruta goriva dok u industriji započinje primjena toplovodnog grijanja iako se koriste plinske i električne grijalice kao pojedinačno lokalno grijanje. Kod ostalih zgrada započinje primjena uljnih peći sa spremnikom lož ulja smještenim u podrum. Šezdesetih godina također dolazi do razvoja plinske mreže i distribucije prirodnog plina ali ne u značajnijoj mjeri.
- Zgrade građene u razdoblju od 1970. do 1987. godine - sve manje se koriste peći na kruta goriva a dolazi do rasta plinske mreže i porasta broja priključenja zgrada. To dovodi do razvoja centralne pripreme topline i razvoda grijanja u zgradama. Bitno je napomenuti da je razvod cijevi u zgradama često vertikalne izvedbe. Dolazi do proširenja i razvoja vrelovodne i parovodne mreže te povećanog broja priključenja zgrada što se ponajviše odnosi na industriju. Neujednačen razvoj plinske i vrelovodne mreže na području Hrvatske zahtjeva primjenu lož ulja te je prema tome dominantna uloga tekućih goriva.
- Zgrade građene u razdoblju od 1987. do 2006. godine - peći na kruta goriva gotovo su izašle iz uporabe za većinu komercijalnih prostora. U ovom razdoblju dolazi do naglog povećanja plinske mreže a sukladno tome i većem broju priključenih potrošača. Bilježi se i dalje proširenje i razvoj vrelovodne i parovodne mreže te povećan broj priključenja osobito u industriji. Razvijaju se toplovodne i vrelovodne mreže i u drugim gradovima u Hrvatskoj (Sisak, Karlovac, Varaždin...). [9] Dominantu ulogu i dalje ima potrošnja tekućih goriva zbog neujednačenog razvoja plinske i vrelovodne mreže na području Hrvatske.
- Zgrade građene u razdoblju od 2006. do 2009. - donose se novi propisi te u uporabu ulaze nove tehnologije za grijanje prostora. Određuje se položaj ogrjevnih tijela i uporaba uređaja za regulaciju topline ovisno o površini. Tehnički sustavi su općenito učinkovitiji. Koristi se prirodni i ukapljeni plin kao i dizalice topline. Ne dolazi do značajnijeg pomaka

u razvoju vrelovodne i parovodne mreže no broj plinskih potrošača se ujednačeno povećava.

- Zgrade građene u razdoblju od 2009. do danas - sve više se koriste učinkoviti sustavi grijanja i hlađenja. Samo grijanje od odabira ogrjevnih tijela, njihovog smještaja, regulacije temperature kao i očitavanja potrošnje sve se više zakonski regulira a sve u svrhu racionalnije potrošnje.

Prilikom ugradnje centralnih grijanja nakon razvoja plinskih mreža vrlo mali do gotovo nikakav značaj pridavao se samom projektiranju instalacija unutar zgrade u smislu raspodjele cijevnih instalacija. Također se nije pazilo niti na hidrauličko uravnoteženje cijevne mreže što dodatno doprinosi lošoj efikasnosti. Kako je u to vrijeme vladao socijalizam gdje je vladalo određeno „blagostanje“ u vidu zaposlenosti i redovitih primanja, a k tome i niske cijene energenata, ne čudi nemar prilikom projektiranja i izgradnje. Situaciju je dodatno otežavalo nepostojanje zakonskih regulativa koje bi uređivale kvalitetnije provođenje ugradnje centralnih sustava grijanja. Razvod cijevi za centralne sustave grijanja uglavnom je bio vertikalni zbog jednostavnosti u izgradnji, a regulacija potrošnje bila je minimalna ili gotovo nikakva što zbog nemogućnosti iste a što zbog same financijske situacije društva.

1.5. Zakonske regulative

Ulaskom Hrvatske u Europsku uniju prihvaćene su brojne nove odredbe koje se odnose na sektor energetike. Kako je cilj smanjiti potrošnju energije potrebno je uvesti tehnologije individualnog mjerenja utrošene toplinske energije. Hrvatski sabor je zbog usklađivanja s propisima Europske unije, odnosno s Direktivom 2012/27/EU o energetske učinkovitosti te s ciljem pravednije raspodjele troškova za toplinsku energiju donio Zakon o tržištu toplinske (NN 80/13, 14/14) energije koji je stupio na snagu 05. srpnja 2013. Zakon propisuje obavezu ugradnje razdjelnika topline ili mjerila toplinske energije i termostatskih radijatorskih ventila u sve zgrade sa zajedničkim mjerilom toplinske energije. Svi krajnji kupci toplinske energije u zgradama koje su spojene na zajedničko mjerilo toplinske energije a koje imaju više od 70 samostalnih uporabnih cjelina bilo stambenih bilo poslovnih prostora, dužne su ugraditi razdjelnike topline ili mjerila toplinske energije i termostatski radijatorski ventil najkasnije do 31. prosinca 2015. [7] Također svi krajnji kupci toplinske energije u zgradama koje su spojene na zajedničko mjerilo toplinske energije a koje imaju više od 2 a manje od 70

samostalnih uporabnih cjelina bilo stambenih bilo poslovnih prostora dužne su ugraditi razdjelnike topline ili mjerila toplinske energije i termostatski radijatorski ventil najkasnije do 31. prosinca 2016. [7] Zakonom su također propisane novčane kazne ukoliko se do propisanih rokova ne ugrade navedeni uređaji. Kazne iznose od 10,000 do 50,000 kuna za fizičke osobe odnosno 20,000 do 500,000 kuna za pravne osobe [7]. Kontrolu ugradnje uređaja obavljat će nadležni inspektori.

2. RAZDJELNICI TOPLINE

2.1. Opći podaci o razdjelnicima topline

Razdjelnici topline su uređaji za lokalnu razdiobu isporučene toplinske energije, odnosno uređaji kojima se određuje udio toplinske energije isporučene samostalnoj uporabnoj cjelini u ukupno isporučenoj toplinskoj energiji izmjerenoj na zajedničkom mjerilu toplinske energije. Kako razdjelnici određuju odavanje topline ogrjevnih tijela svedeno na ukupni utrošak toplinske energije, ukazuje se potreba za određivanjem ukupne potrošnje toplinske energije na mjerilu toplinske energije. Razdjelnici sami po sebi nisu mjerila toplinske energije. Oni registriraju impulse prema količini topline koju ogrjevna tijela predaju prostorijama određene namjene. Ugrađuju se na sva ogrjevna tijela u pojedinom stanu a služe za kontrolirano i individualno mjerenje toplinske energije. Rezultatima mjerenja koje daju razdjelnici ne pridružuju se fizikalne jedinice za energiju već je izmjerena vrijednost potrošnje bezdimenzionalna. Uz ugradnju razdjelnika obavezna je ugradnja termostatskih ventila a za pravilno funkcioniranje čitavog sustava preporučuje se provesti hidrauličko uravnoteženje sustava grijanja i ugradnja frekventno reguliranih pumpi.

Obzirom na način evidentiranja potrošnje toplinske energije na tržištu danas postoje tri vrste razdjelnika [4] :

- ISPARNIČKI RAZDJELNICI TOPLINE
- ELEKTRONIČKI RAZDJELNICI TOPLINE BEZ RADIJSKE KOMUNIKACIJE
- ELEKTRONIČKI RAZDJELNICI TOPLINE S RADIJSKOM KOMUNIKACIJOM

Elektronički razdjelnici s radijskom komunikacijom te razdjelnici bez radijske komunikacije imaju u osnovi isti način rada a razlikuju se samo prema načinu očitavanja potrošnje. Nadalje obje vrste elektroničkih razdjelnika rade prema jednom od tri postupka mjerenja:

- Razdjelnici koji rade na principu postupka mjerenja s jednim osjetilom koji se ostvaruje s jednim senzorom temperature. On registrira temperaturu ogrjevnog tijela, odnosno ogrjevnog medija.

- Razdjelnici koji rade na principu postupka mjerenja s dva osjetila koji rade s dva senzora temperature. Jedan senzor registrira temperaturu radijatora, odnosno ogrjevog medija, a drugi senzor registrira sobnu temperaturu, odnosno temperaturu koja se s njom nalazi u definiranom međusobnom odnosu.
- Razdjelnici koji rade na principu postupka mjerenja s primjenom logaritamske temperature, registriraju temperaturu s tri senzora temperature za polazni i povratni vod, ogrjevni medij i sobnu temperaturu.

Razdjelnici topline moraju odgovarati propisanoj tehničkoj normi i ne moraju se umjeravati. Norme za razdjelnike propisuje Europski odbor za normizaciju te za elektroničke razdjelnike vrijedi norma EN 834 dok za isparničke norma EN 835.

2.1.1. Elektronički razdjelnici topline

Kao što je već rečeno elektronički razdjelnici s radijskom komunikacijom rade na isti način kao i razdjelnici topline bez radijske komunikacije stoga se će se analiza ovih razdjelnika provesti zajedno.

Elektronički razdjelnici bez radijske komunikacije su elektronički elementi čiji je izvor energije baterija. Razdjelnici imaju mogućnost predprogramiranja fizikalnih i tehničkih karakteristika ogrjevnih tijela na koja se ugrađuju. Razdjelnici rade bez radijske komunikacije što znači da nemaju mogućnost daljinskog očitavanja.

Elektronički razdjelnici topline s radijskom komunikacijom kao izvor energije također koriste bateriju ali imaju mogućnost daljinskog očitavanja.



Slika 4. Elektronički razdjelnik topline - Brunata Futura

2.1.1.1. Definicije uz elektroničke razdjelnike topline prema EN 834

Za razumijevanje i primjenu norme za elektroničke razdjelnike topline potrebno je pobliže pojasniti određene pojmove odnosno definicije koje se koriste prilikom objašnjavanja zahtjeva a koji se postavljaju na razdjelnike te opisati načina njihova rada. Navode se važnije definicije sadržane u Europskoj normi EN 834 [10]:

OSNOVNO STANJE: potrebno je za određivanje faktora vrednovanja te c-vrijednosti. Osnovno se stanje u određenim granicama može proizvoljno birati. Definirano je sljedećim veličinama:

- gornji ulaz polaznog voda
- srednja temperatura ogrjevnog medija $t_m = 40^{\circ}\text{C}$ do 50°C
- referentna temperatura zraka $t_L = (20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$, koja se mjeri u klimatski stabilnoj ispitanoj kabini na 0,75m iznad tla te na razmaku 1,5 m od ogrjevnog tijela
- struja ogrjevnog medija kod $t_V / t_R / t_L = 90^{\circ}\text{C} / 70^{\circ}\text{C} / 20^{\circ}\text{C}$

Gdje je:

- t_V - temperatura polaznog voda
- t_R - temperatura povratnog voda

c - VRIJEDNOST: predstavlja izraz za stupanj termičke povezanosti senzora temperature i registriranih temperatura. Definira se prema sljedećoj jednadžbi kao omjer temperature razlike:

$$c = 1 - \frac{\Delta t'_s}{\Delta t} \quad (1)$$

Gdje je:

- $\Delta t'_s$ - temperaturna razlika senzora, npr. $t_{HS} - t_{RS}$ ili Δt_{lnS}
- $\Delta t'$ - nadtemperatura ogrjevnog medija, npr. $t_m - t_L$ ili Δt_{ln}

Gdje je:

- t_{HS} - temperatura senzora na ogrjevnom tijelu
- t_{RS} - temperatura senzora u prostoriji (ukoliko je razdjelnik bez senzora u prostoriji vrijedi $t_{RS} = t_L$)
- t_m - srednja temperatura ogrjevnog medija
- t_L - referenta temperatura zraka
- t_V - temperatura polaznog voda ogrjevnog tijela
- t_R - temperatura povratnog voda ogrjevnog tijela
- Δt_{ln} - logaritamska nadtemperatura ogrjevnog medija koja se računa prema izrazu :

$$\Delta t_{ln} = \frac{t_V - t_R}{\ln \frac{t_V - t_L}{t_R - t_L}} \quad (2)$$

- Δt_{lnS} - logaritamska nadtemperatura senzora temperature

FAKTORI VREDNOVANJA: služe za prevođenje vrijednosti koje pokazuje razdjelnici topline u oblik pogodan za obračun troškova grijanja ovisan o potrošnji. Faktori vrednovanja K_a za toplinski učinak ogrjevnog tijela - predstavlja bezdimenzionalnu brojčanu vrijednost, u vatima izraženog normnog učinka ogrjevnog tijela. Normni učinak ogrjevnog tijela označava toplinski učinak koji se dobiva u standardiziranim uvjetima klimatski stabilne kabine kod temperatura polaznog, povratnog voda i temperatura zraka od 90°C, 70°C i 20°C gdje se temperatura zraka mjeri 0,75 m iznad poda, na razmaku od 1,5 m od ogrjevnog tijela.

- Faktor vrednovanja K_C za toplinsko povezivanje senzora - regulira različite načine povezivanja senzora temperature, na registrirane temperature, kod različitih konstrukcijskih izvedbi ogrjevnih tijela. K_C je omjer između osnovne brzine pokazivanja i brzine pokazivanja kod temperature senzora, na mjerenom ogrjevnom tijelu u osnovnom stanju:

$$K_C = \frac{R_{\text{osnov.}}}{R_{\text{vrednov.}}} \quad (3)$$

- Faktor vrednovanja K_T za prostorije s nižim projektnim unutarnjim temperaturama, koje odstupaju od osnovnih referentnih temperatura zraka - uzima u obzir promjenu učinka i promjenu temperature senzora kod projektnih unutarnjih temperatura koje su niže i odstupaju od osnovnih referentnih temperatura zraka.
- Sveukupni faktor vrednovanja K - predstavlja produkt svih dosada navednih faktora vrednovanja:

$$K = K_a \times K_C \times K_T \quad (4)$$

2.1.1.2. Zahtjevi koji se postavljaju na razdjelnike topline

Zahtjevi se postavljaju kao minimalna odnosno maksimalna odstupanja pojedinih stavki u čijim vrijednostima je i dalje dopušteno kretanje vrijednosti prilikom rada uređaja. Odnose se na:

- temperaturna ograničenja u smislu maksimalnih i/ili minimalnih temperatura ogrjevnog medija i uskladištenja
- minimalne zahtjeve koji se postavljaju na konstrukciju, materijal i izradu uređaja te djelovanje i ocjenu vrijednosti koje pokazuju razdjelnici
- vanjske utjecaje na rad uređaja
- plombiranje te druge karakteristične zahtjeve

Od navedenih zahtjeva potrebno je istaknuti one koji se odnose na temperaturu početka brojanja kojom se definira minimalna temperatura potrebna za početak bilježenja potrošnje na

razdjelnicima. Uređaji s jednim osjetilom, bez startnog senzora na strani prostorije te na radijatoru s $c \leq 0,1$ trebaju početi brojati kod strujanja ogrjevnog medija osnovnog stanja i sobne temperature $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, kod temperature početka brojenja t_z prema jednadžbama (5) i (6) :

$$\text{za } t_{\min} \geq 60\text{ }^{\circ}\text{C} \quad : \quad t_z \leq 0,3 \times (t_{\min} - 20\text{ }^{\circ}\text{C}) \times 20\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (5)$$

$$\text{za } 55\text{ }^{\circ}\text{C} \leq t_{\min} < 60\text{ }^{\circ}\text{C} \quad : \quad t_z \leq 28\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (6)$$

Kod uređaja sa senzorom u prostoriji, kod svih postupaka mjerenja kao kriterij za početak brojanja, nadtemperatura je izražena jednadžbom (7):

$$t_z - t_L \leq 5\text{ K} \quad (7)$$

Početak brojanja pojedinih uređaja ne smije međusobno odstupati za više od 10% što ne smije iznositi više od 5K.

Također valja istaknuti raspon granica pogreški o kojima se govori unutar ovog poglavlja:

$$\begin{aligned} 5\text{ K} &\leq \Delta t < 10\text{ K} : 12\% \\ 10\text{ K} &\leq \Delta t < 15\text{ K} : 8\% \\ 15\text{ K} &\leq \Delta t < 40\text{ K} : 5\% \\ 40\text{ K} &\leq \Delta t < \quad : 3\% \end{aligned} \quad (8)$$

2.1.1.3. Zahtjevi koji se postavljaju na primjenu i ugradnju

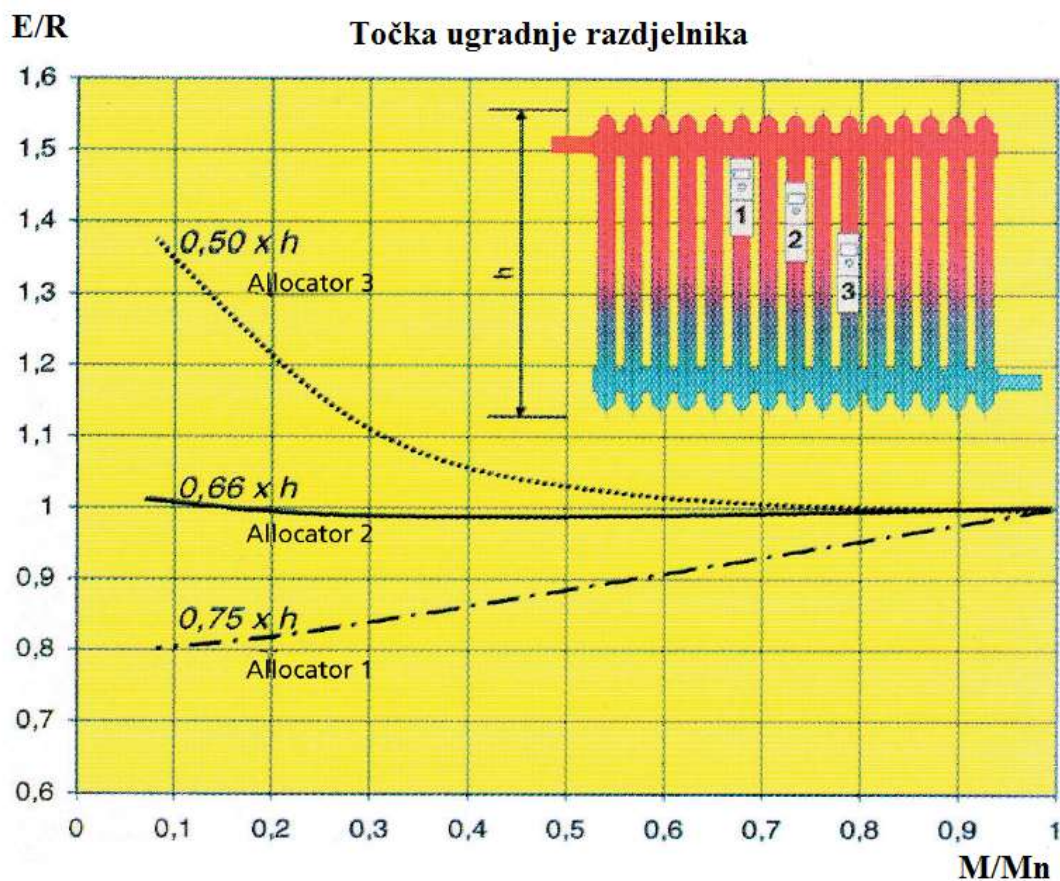
Prema normi razdjelnici topline se općenito ne smiju koristiti za takve sustave grijanja kod kojih dolazi do spuštanja ispod minimalne temperature primjene, odnosno do prekoračenja maksimalne temperature primjene, kod kojih faktor vrednovanja K_a za toplinski učinak nije jednoznačno definiran ili kod ogrjevnih tijela kod kojih ogrjevna površina nije dostupna kao što su:

- podno grijanje
- stropno grijanje zračenjem topline
- radijatori upravljani zaklopkom
- radijatori s ventilatorima
- generatori toplog zraka
- sustavi grijanja čiji radijatori rade s vodenom parom

Iako prema normi nije moguća ugradnja razdjelnika topline za podno grijanje danas su razvijene i takve vrste razdjelnika koje se mogu koristiti i za takav tip ogrjevnih tijela kao što je podno grijanje. [19]

Zahtjevi pod ovim poglavljem pobliže definiraju temperaturne granice primjene koje se odnose na instalacije grijanja čija se srednja projektna temperatura ogrjevnog medija $t_{m,A}$ nalazi unat područja određenog gornjom temperaturnom granicom primjene t_{max} i donjom temperaturnom granicom primjene t_{min}

$$t_{min} \leq t_{m,A} \leq t_{max} \quad (9)$$



E/R - emitirana toplinska energija s radijatora kroz registrirana energija na razdjelniku

M/M_n - volumni protok ogrjevnog medija kroz radijator kroz normni volumni protok (90/70/20)

Slika 5. Ovisnost točnosti pokazivanja razdjelnika o točki ugradnje na radijatoru

Zahtjevi dodatno definiraju vrstu i mjesto pričvršćenja senzora kao i jedinstvenost djelitelja troškova grijanja koje podrazumijeva da se unutar jedne obračunske jedinice smiju primjeniti samo razdjelnici istog proizvođača i istog tipa zbog jedinstvenog sustava vrednovanja i očitavanja.

2.1.1.4. Ostali zahtjevi

Postoje još zahtjevi koji se postavljaju na vrednovanje a odnose se na korektivne faktore i c-vrijednost te zahtjevi koji se postavljaju na održavanje i očitavanje uređaja.

2.1.1.5. Princip rada elektroničkih razdjelnika topline

Razdjelnici topline mjere emisiju topline svakog radijatora u zgradi, prema tome se postavlja sljedeća jednadžba:

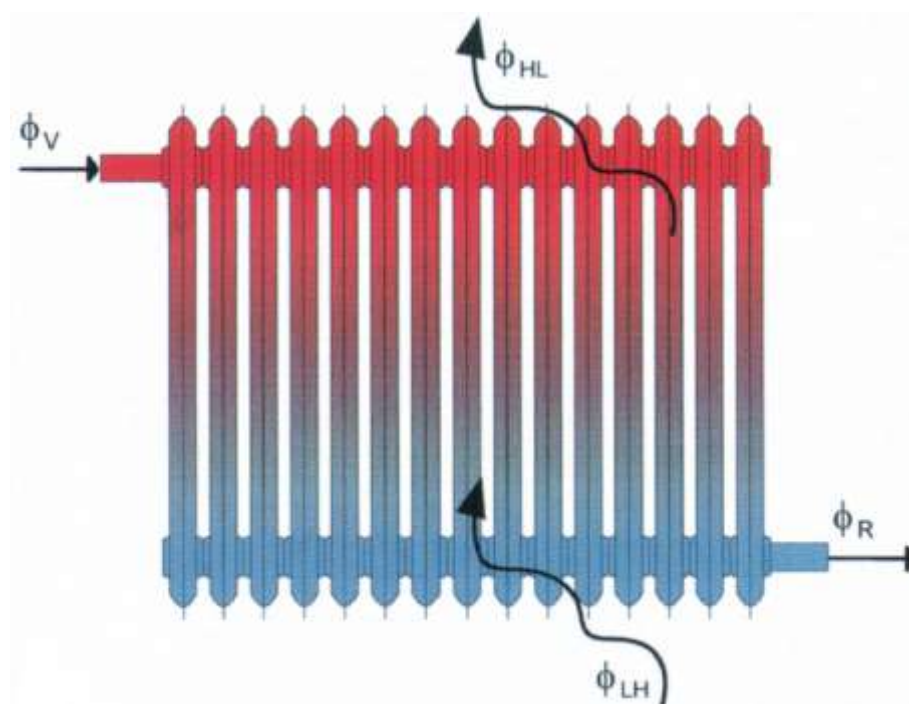
$$E = \sum (\phi_V - \phi_R) \Delta\tau \quad (10)$$

Gdje je:

- E - količina energije
- ϕ_V - utrošeni toplinski tok
- ϕ_R - dobiveni toplinski tok
- $\Delta\tau$ - vremenski period

U većini slučajeva mjerenje energije nije moguće na prikazani način zbog potrebe mjerenja protoka i temperature na polaznom i povratnom vodu svakog radijatora što predstavlja iznimno skupo tehničko rješenje. Zbog toga se koristi razlika toplinskog toka koje ogrjevno tijelo emitira i onog koje apsorpira.

$$E = \sum \phi_{HL} \Delta\tau - \sum \phi_{LH} \Delta\tau \quad (11)$$



Slika 6. Princip rada elektroničkih razdjelnika topline

Elektronski razdjelnici topline mogu mjeriti oba toplinska toka:

- $\sum \phi_V \Delta\tau$ - toplinski tok koji ogrjevna površina predaje zraku
- $\sum \phi_V \Delta\tau$ - toplinski tok kojim zrak u prostoriji zagrijava ogrjevnju površinu

Toplina koju ogrjevna površina apsorbira od zraka iz prostorije se ne spominje u normama EN 834 ali ju je potrebno mjeriti kako bi se dobila točna potrošnja topline koju krajnji potrošač mora platiti. Zbog toga razdjelnici topline sa jednim senzorom, odnosno oni koji ne mogu mjeriti apsorbiranu toplinsku energiju mjere sumu topline koju ogrjevna površina emitira zraku u prostoriji uz minimalnu temperaturnu razliku između prosječne temperature radijatora i prostorije koja iznosi 5 K.

$$F = \sum \phi_{HL} \Delta\tau \quad \text{za} \quad \Delta T > 5K \quad (12)$$

Gdje je :

- F - suma topline koju emitira radijator zraku u prostoriji
- ΔT - razlika prosječne temperature radijatora i temperature prostorije

Razdjelnik topline mjeri temperaturu površine radijatora (T_r) na jednom mjestu. To je najčešće na sredini radijatora. Iako temperatura nije ravnomjerno raspoređena po cijeloj površini radijatora, aproksimirana temperatura na sredini dovoljno je točna pri proračunu predane topline. Također, uređaj mjeri i temperaturu prostora blizu radijatora (T_p).

Svaki radijator ima svoj razdjelnik, što znači da se svaki razdjelnik mora programirati za svoj radijator. Razdjelnik se programira tako da se u njega unose koeficijenti koji uzimaju u obzir površinu (A). Osim toga u razdjelnik se unosi maksimalna snaga radijatora, radi ograničenja računanja impulsa razdjelnika.

2.1.2. Isparnički razdjelnici topline

Isparnički razdjelnici topline su takvi mjerni uređaji koji koriste osnovne principe mjerenja toplinske energije kao i elektronički razdjelnici topline ali su utemeljeni na načelu isparivanja. Takvi razdjelnici su jednostavniji i primitivniji a očitavanje se provodi manualno, odnosno ne omogućavaju primjenu sustava daljinskog očitavanja. Osnovne dijelove uređaja čine skale za očitavanje i specijalna tekućine koja isparava. Razdjelnici se također postavljaju na ogrjevnna tijela a njihova vrsta i veličini ovisi o veličini i karakteristikama ogrjevnog tijela. U Hrvatskoj su uređaji bili u uporabi samo kao pilot projekt u sklopu centralnog toplinskog sustava i to na adresi II Vrbik 1-3 u Zagrebu. Rezultati tog pilot projekta pokazali su da takve sustave ne treba uvoditi u primjenu upravo zbog brojnih nedostataka koji će biti navedni kao zaključak ovog dijela završnog rada u sklopu usporedbe elektroničkih i isparničkih razdjelnika. Odlučeno je da u sustav treba uvoditi isključivo napredne tehnologije i nove uređaje koji isporučitelju toplinske energije omogućavaju jednostavniji i brži rad sa velikom količinom podataka te daljinsko očitavanje dok tehnologije kao što su isparnički razdjelnici treba napustiti i ne uvoditi u daljnju primjenu. Definicije uz isparničke razdjelnike topline prema Europskoj normi EN 835.



Slika 7. Isparnički razdjelnik topline - Brunata

2.1.2.1. Definicije uz isparničke razdjelnike topline prema EN 835

Za razumijevanje i primjenu norme za isparničke razdjelnike potrebno je pobliže pojasniti određene pojmove odnosno definicije koje se koriste prilikom objašnjavanja zahtjeva a koje se postavljaju na razdjelnike te opisati način njihova rada.

OSNOVNO STANJE: potrebno je za određivanje faktora vrednovanja te c-vrijednosti. Osnovno se stanje u određenim granicama može proizvoljno birati. Definirano je sljedećim veličinama:

- gornji ulaz polaznog voda
- srednja temperatura ogrjevnog medija $t_{mt} = 50^{\circ}\text{C}$ do 65°C
- referentna temperatura zraka $t_L = (20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$, koja se mjeri u klimatski stabilnoj ispitanoj kabini na 0,75 m iznad tla te na razmaku 1,5 m od ogrjevnog tijela
- struja ogrjevnog medija kod $t_v / t_R / t_L = 90^{\circ}\text{C} / 70^{\circ}\text{C} / 20^{\circ}\text{C}$

Gdje je:

- t_v - temperatura polaznog voda
- t_R - temperatura povratnog voda

c - VRIJEDNOST: predstavlja izraz za stupanj termičke povezanosti između temperature mjerne tekućine i srednje temperature ogrjevnog medija. Definira se kao omjer razlika temperatura prema jednadžbi (13):

$$c = \frac{t_m - t_{Fl}}{t_m - t_L} = 1 - \frac{\Delta t_{FL}}{\Delta t} \quad (13)$$

Gdje je:

- t_m - srednja temperatura ogrjevnog medija
- t_{Fl} - temperatura mjerne tekućine
- t_L - referenta temperatura zraka
- $\Delta t_{FL} = \Delta t_{FL} - \Delta t_L$ - nadtemperatura mjerne tekućine
- $\Delta t = \Delta t_m - \Delta t_L$ - nadtemperatura ogrjevnog medija

FAKTORI VREDNOVANJA: služe za prevođenje vrijednosti koje pokazuje razdjelnik topline u oblik pogodan za obračun troškova grijanja ovisan od potrošnje

- Faktor vrednovanja K_a za toplinski učinak ogrjevnog tijela - predstavlja bezdimenzionalnu brojčanu vrijednost, u vatima izraženog normnog učinka ogrjevnog tijela. Normni učinak ogrjevnog tijela označava toplinski učinak koji se dobiva u standardiziranim uvjetima klimatski stabilne kabine kod temperatura polaznog i povratnog voda te temperature zraka od 90°C, 70°C i 20°C gdje se temperatura zraka mjeri 0,75 m iznad poda, na razmaku od 1,5 m od ogrjevnog tijela.
- Faktro vrednovanja K_C za toplinski učinak mjerne tekućine - faktor uzima u obzir da se toplinski učinak između mjerne tekućine i ogrjevnog medija razlikuje s obzirom na različite vrste ogrjevnih tijela. K_C je kvocijent brzine pokazivanja na referentnoj temperaturi mjerne tekućine i brzine pokazivanja kod temperature mjerne tekućine ogrjevnog tijela u osnovnom stanju:

$$K_C = \frac{R_{osnov.}}{R_{vrednov.}} \quad (14)$$

- Faktor vrednovanja K_T za prostorije s nižim projektnim unutarnjim temperaturama, koje odstupaju od osnovnih referentnih temperatura zraka - uzima u obzir promjenu učinka i promjenu temperature mjerne tekućine kod projektnih unutarnjih temperatura koje su niže i odstupaju od osnovnih referentnih temperatura zraka
- Sveukupni faktor vrednovanja K - predstavlja produkt svih dosada navedenih faktora vrednovanja:

$$K = K_a \times K_C \times K_T \quad (15)$$

2.1.2.2. *Zahtjevi koji se postavljaju na isparničke razdjelnike topline*

Zahtjevi koji se postavljaju na isparničke razdjelnike topline prvenstveno se odnose na konstrukciju, izradu, materijal, mjernu tekućinu te mjernu skalu. Kućište mora biti termički otporno kako bi izdržalo deformacije koje se mogu javiti zbog utjecaja topline prilikom rada te takvo da ne sprječava stupanj isparavanja više od 15%. Ampula sa mjernom tekućinom mora biti smještena u kućištu tako da toplina iz prostorije ne utječe na isparivanje. Mora biti izrađena od materijala koji je otporan na isparivačku tekućinu, te transparentna (prozirna) tako da omogućava očitavanje razine isparivačke tekućine. U radu ampula mora biti otvorena kako bi bilo moguće isparivanje. Isparivačka tekućina ne smije sadržavati vodu i treba biti čistoće od minimalno 98%. Tekućina, također, može apsorbirati do 2% vode kada je postavljena preko zasićene vodene otopine temperature 20 °C u stanju ravnoteže.

Punjenje tekućine treba biti dostatno za minimalno 120 dana pri temperaturi mjerne tekućine od 20 °C. Udaljenost od nulte razine do svake sljedeće razine na skali određena je jednadžbom (16):

$$h_i = \sqrt{K_a^2 + (h_3^2 + 2K_a \times h_3) \times \frac{n_i}{n_1}} - K_a \quad (16)$$

Gdje je:

- h_i - udaljenost izražena u mm, od nulte razine do razine

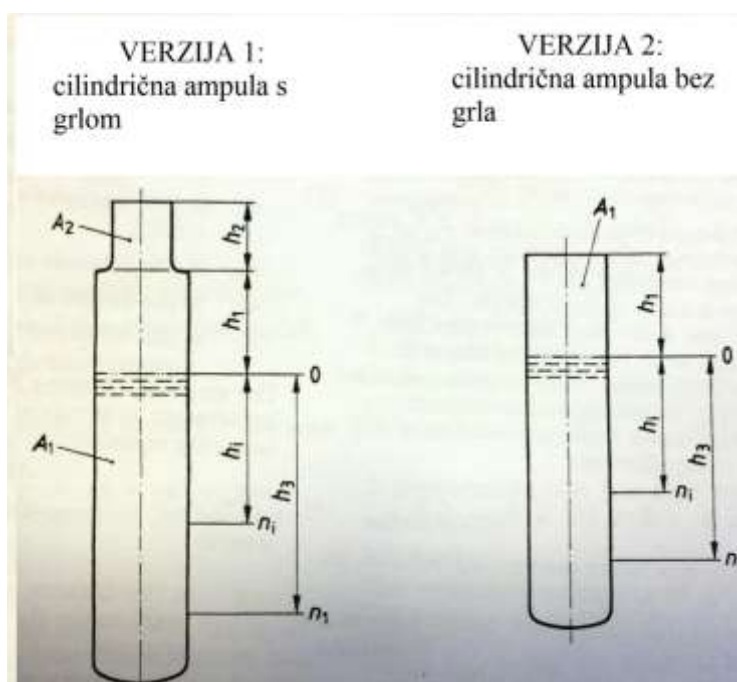
- n_i - prikazuje očitavanje oznake na skali
- K_a - konstanta ampule
- h_3 - visina skale, u mm
- n_3 - prikazuje očitavanje razine skale na visini h_3

Konstanta ampule K_a treba biti određena eksperimentalno ili računski putem sljedeće jednadžbe:

$$K_a = h_1 + h_2 \times \frac{A_1}{A_2} \quad (17)$$

Gdje je:

- h_1 - udaljenost u mm, iznad nulte razine na skali do grla ili kraja ampule
- h_2 - dužina grla, u mm
- A_1 - presjek površine ampule u mm^2
- A_2 - presjek površine grla u mm^2



Slika 8. Vrste cilindričnih ampula

Udaljenost između dvije mjerne razine na skali ne bi smjela biti manja od 0,7 mm.

2.1.2.3. Zahtjevi koji se postavljaju na primjenu i ugradnju

Zahtjevi pod ovim poglavljem pobliže definiraju temperaturne granice primjene koje se odnose na instalacije grijanja čija se srednja projektna temperatura ogrjevnog medija $t_{m,A}$ nalazi unat područja određenog gornjom temperaturnom granicom primjene t_{\max} i donjom temperaturnom granicom primjene t_{\min} . Minimalna dopuštena temperatura iznosi 60 °C za mjerni omjer manji od 12 ili smanjenje razine isparivačke tekućine za manje od 60 mm kod nazivnog isparivanje odnosno 55 °C za mjerni omjer jednak ili veći od 12 i postotak vode u isparivačkoj tekućini jednak ili manji od 4% te smanjenje razine mjerne tekućine ne manje od 60 m pri nazivnom isparivanju.

Maksimalna temperatura je definirana kao najveća dopuštena vrijednost za srednju projektnu temperaturu ogrjevnog medija $t_{m,A}$ odnosno iznosi 120 °C u skladu sa maksimalnom temperaturom mjernog fluida $t_{FL,A}$ od 105 °C. Sama ugradnja na ogrjevna tijela treba biti pouzdana i sigurna od manipulacija. Pozicija uređaja treba biti takva da omogućava adekvatnu vezu između pokazanog očitavanja i stvarne toplinske emisije s ogrjevnog tijela. Općenito se uređaj smješta na mjesto gdje tekući ogrjevni medij prošao 25% volumena ogrjevnog tijela. Na radijatorima s vertikalnim tokom ogrjevnog medija smještaj razdjelnika treba biti između 66% i 80% ukupne visine ogrjevnog tijela mjereći od donjeg dijela ogrjevnog tijela. Ako se ogrjevno tijelo upotrebljava u kombinaciji sa termostatskim ventilom preporuča se smještaj razdjelnika na 75% visine ogrjevnog tijela. Horizontalni smještaj razdjelnika trebao bi biti na ili blizu sredine ukupne dužine ogrjevnog tijela. Ako je ulazni vod na ogrjevno tijelo na sredini donjeg dijela tada je horizontalna pozicija razdjelnika na 25%. Na većim radijatorima dopuštena je ugradnja više od jednog razdjelnika topline. Dopuštaju se određena odstupanja za radijatore malih visina.

Dodatni zahtjev postavlja se na jedinstvenost djelatitelja troškova grijanja koje podrazumjeva da se unutar jedne obračunske jedinice smiju primjeniti samo razdjelnici istog proizvođača i istog tipa zbog jedinstvenog sustava vrednovanja i očitavanja.

Posebni zahtjevi postavljaju se na jednocijevne sustave na koje se ovi razdjelnici topline mogu primjeniti samo ako su poznate temperature polaza i povrata ogrjevnog medija kako za cijeli sustav grijanja tako i za svako pojedinačno ogrjevno tijelo.

2.1.2.4. Ostali zahtjevi

Ostali zahtjevi odnose se na vrednovanje, očitavanje i održavanje uređaja. Zahtjevi za vrednovanje uključuju faktore vrednovanja te c-vrijednost.

2.1.2.5. Princip rada

Isparnički razdjelnici topline rade na jednostavnom principu isparivanja tekućine iz ampule sa otvorenim grlom. U ovisnosti o količini toplinske energije koju ogrijevno tijelo predaje u prostoriju, isparivačka tekućina u uređaju isparuje i pokazni nivo se smanjuje. Tekućina koja ispunjava ampulu mora biti takva da ima nisku točku isparivanja (tetralini) [2].

2.1.3. Usporedba elektroničkih i isparivačkih razdjelnika topline

Elektroničke razdjelnike bez radijske komunikacije odlikuje jednostavnost, niska cijena i kvaliteta dok im je nedostatak, kao što će se pokazati i kod isparničkih, mogućnost isključivo vizualnog očitavanja stoga nisu pogodni za sustave sa mjesečnim obračunom prema potrošnji .

Elektronički razdjelnici s radijskom komunikacijom imaju mogućnost očitavanja stanja bez potrebe ulaska stambene prostorije vlasnika i to na jednom mjestu putem raznih središnjih jedinica ili čak pomoću modema iz sjedišta toplinarske tvrtke. Pojedine tvrtke i vrste razdjelnika čak omogućavaju praćenje vlastite potrošnje putem Interneta. Prednost ovakvih razdjelnika je jednostavnost rada, učinkovitost, niski troškovi eksploatacije ali im je glavni nedostatak veća cijena investicijskih troškova.

Prednost isparničkih razdjelnika je niska cijena ugradnje i jednostavan princip rada. Ovaj sustav bilježi više nedostataka od prethodna dva. Očitavanje razdjelnika nije moguće provesti bez ulaska u stambene prostorije vlasnika zbog čega je iznimno nepogodno za sustave sa mjesečnim obračunom potrošnje. Prilikom očitavanja, također postoji rizik za pogrešku zbog netočnosti očitavanja ili pak površnosti od strane ovlaštene osobe. Potreban je veći broj zaposlenih za očitavanje i obradu očitanih podataka jer je sve podatke potrebno fizički očitati na svakom pojedinom razdjelniku koje je potom potrebno ručno prenijeti u računalu i tek tada je moguća automatska obrada podataka i izdavanje računa. Iz dosada navedenog slijedi da je potrebno provoditi naplatu toplinske energije paušalno te očitavanje provoditi dva puta godišnje,

odnosno na kraju i na početku ogrjevnog sezone, te tada napraviti konačni obračun prema potrošačima u kojem se obračunava stvarna potrošnja svakog pojedinog potrošača. Kod eventualnog prestanka rada isparničkog razdjelnika u slučaju puknuća i/ili razlijevanja isparničke tekućine nije moguće ustanoviti razinu na kojoj se nalazila tekućina te nije moguće odmah ukloniti kvar ukoliko ga vlasnik ne prijavi isporučitelju toplinske energije. Kako isparnički razdjelnici bilježe brojne nedostatke oni nisu pogodni za uporabu te se ne uvode u sustav daljinskog grijanja. U sustav je potrebno uvoditi napredne tehnologije i nove uređaje koji omogućuju jednostavniji i brži rad te obradu veće količine podataka zbog čega se sve zastarjele tehnike ručnog očitavanja, pod kojim se podrazumijevaju i elektronički razdjelnici bez radijske komunikacije, napuštaju ili uopće ne uvode u primjenu.

2.2. Mjerila toplinske energije

Razdjelnici topline nisu uređaji za mjerenje potrošnje toplinske energije stoga je uz njih nužno postojanje uređaja koji to omogućuje. Na ulazu u zgradu, odnosno prije razvoda sustava grijanja po stanovima i/ili prostorijama postavljaju se kalorimetri. Kalorimetri su uređaji kojima se mjeri količina isporučene toplinske energije na obračunskom mjernom mjestu a sukladno propisima iz područja mjeriteljstva i tehničkim uvjetima distributera/opskrbljivača toplinskom energijom, radi obračuna toplinske energije. Na temelju osnovnih fizikalnih zakona računaju koliko je energije fluid, u većini slučajeva to je voda, predao topline prolaskom kroz krug za izmjenu topline. Toplinsko mjerilo sastoji se od tri dijela. To su protokomjer, mjeraci temperature i računske jedinice. Protokomjer mjeri količinu fluida koja je prošla kroz izmjenjivač topline. Mjeraci topline mjere temperaturu u dolaznom i povratnom vodu. Računska jedinica obrađuje podatke dobivene od protokomjera i mjeraca temperaturu, te uz još dodatne parametre računa predanu toplinu [13].



Slika 9. Primjer mjerila toplinske energije - Brunata Ray

Prema pravilniku o mjeriteljskim zahtjevima za mjerila toplinske energije mjerila toplinske energije izrađuju se kao cjelovita, sastavljena i hibridna.

Cjelovito mjerilo toplinske energije nema odvojive podsklopove. Protokomjer, mjerila temperature i računska jedinica čine jednu cjelinu koju nije moguće razdvojiti na podsklopove. Sastavljeno mjerilo toplinske energije ima odvojive podsklopove. Hibridno mjerilo toplinske energije je mjerilo toplinske energije koje se za potrebe tipnog odobravanja i ovjeravanja može smatrati sastavljenim mjerilom, ali za koje se, nakon ovjere, njegovi podsklopovi smatraju neodvojivima.

3. DODATNI UREĐAJI I POSTUPCI PRILIKOM UGRADNJE RAZDJELNIKA TOPLINE

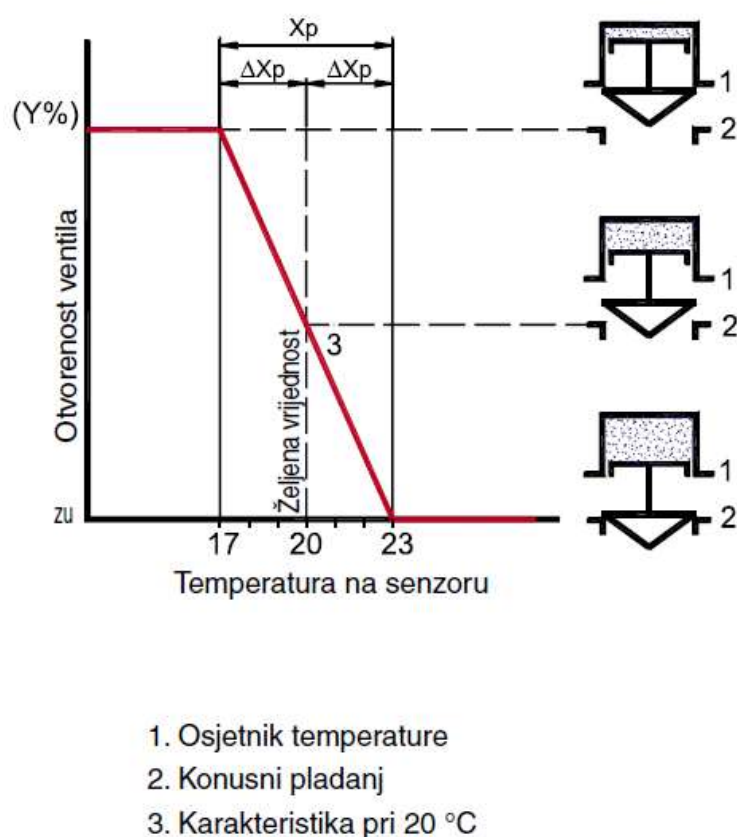
3.1. Uređaji za regulaciju odavanja topline

Uređaji za regulaciju odavanja topline, odnosno termostatski ventili također predstavljaju obvezu za ugradnju uz razdjelnike topline. Njihova ugradnja regulirana je zakonski i prema datumu u Zakonu o tržištu toplinske energije prema stavku 1. iz članka 33. Termostatski radijatorski ventili su uređaji koji služe za regulaciju protoka ogrjevnog medija kroz ogrjevna tijela i na taj način se održava željena temperatura. Oni imaju važnu ulogu u sustavu grijanja jer omogućuju registriranje temperature prostorije, uspoređivanje iste sa željenom, odnosno namještenom vrijednosti te kompenziraju poremećaje podešavanjem ventila tako da održe temperaturu prostorije konstantnom. Navedeni zahtjevi traže pažljiv i odgovarajuć odabir ventila s obzirom na njegove dimenzije, karakteristiku te podatke iz kataloga [14]. Kod ovog regulatora kućište ventila i osjetnik čine jednu konstrukcijsku cjelinu.



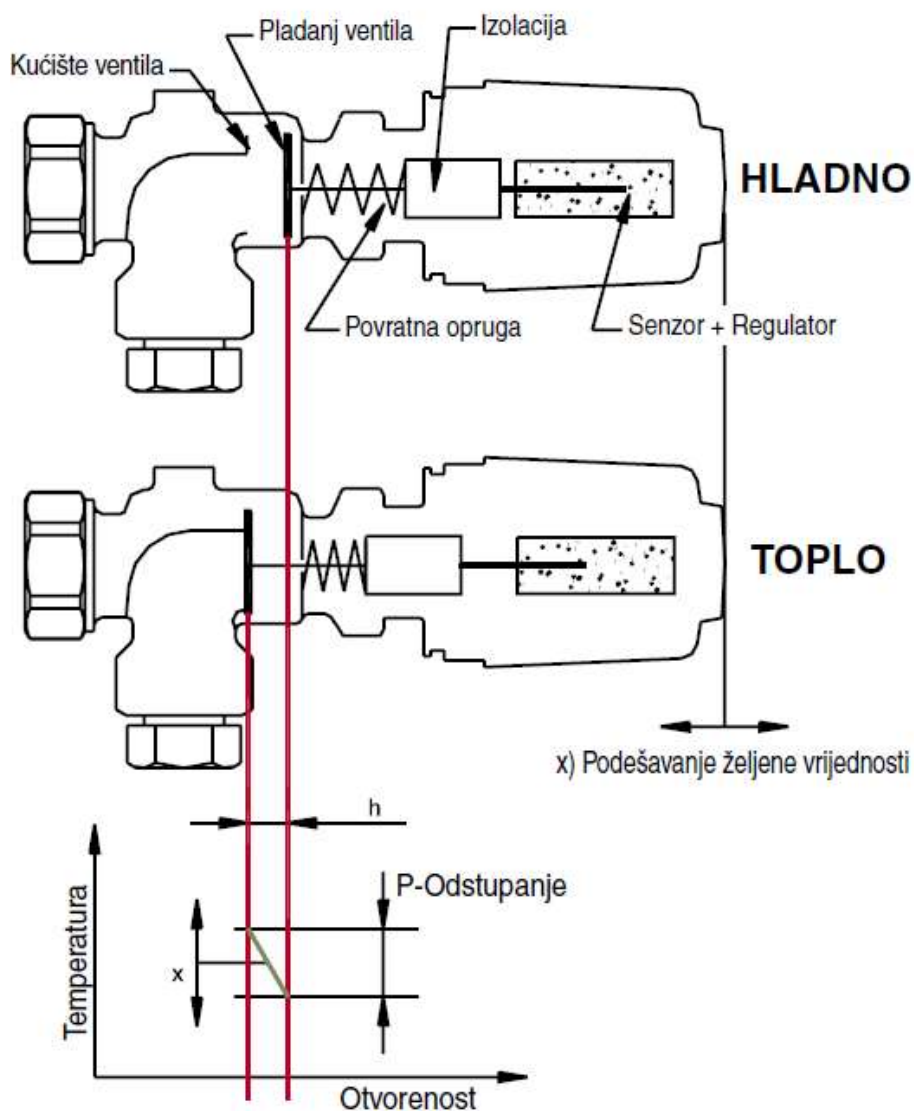
Slika 10. Termostatski ventil s termostatskom glavom - Brunata

Termostatski ventil je regulator bez pomoćne energije a prema načinu regulacije radi na principu proporcionalnog djelovanja gdje svaka promjena na termostatskom ventilu izaziva promjenu temperature u prostoriji i proporcionalna je pomaku pladnja ventila. Pomak pladnja uzrokuje promjenu protoka vode, a na taj način ventil propuštanjem potrebne količine medija održava temperaturu prostorije.



Slika 11. Princip rada termostatskog ventila - Herz

Osjetnik kojeg predstavlja ampula može biti punjen tekućinom, plinom ili specijalnim voskom. Osjetnik radi na jednostavnom principu povećanja volumena s porastom temperature što ima za posljedicu istiskivanje klipa koji potiskuje pladanj ventila. Padom temperature klip se pomoću opruge podiže zajedno s pladnjem.



Slika 12. Način rada termostatskog ventila - Herz

Ovakvi regulatori najčešće se izvedu kao:

- Termostatski ventili s ugrađenim osjetnikom kod kojih ventil, regulator i osjetnik čine jednu jedinicu
- Termostatski ventili s odvojenim osjetnikom, s kojim su povezani kapilarnim vodom te ventil i regulator čine jednu jedinicu
- Termostatski ventili s odvojenim osjetnikom i regulatorom s kojim su povezani kapilarnim vodom a osjetnik i regulator čine jednu jedinicu

- Mikroprocesorski upravljani kod kojih se jedinica sastoji od programatora, osjetnika, regulatora, uklopnog sata i ventila, a za svoj rad zahtijevaju pogonsku energiju

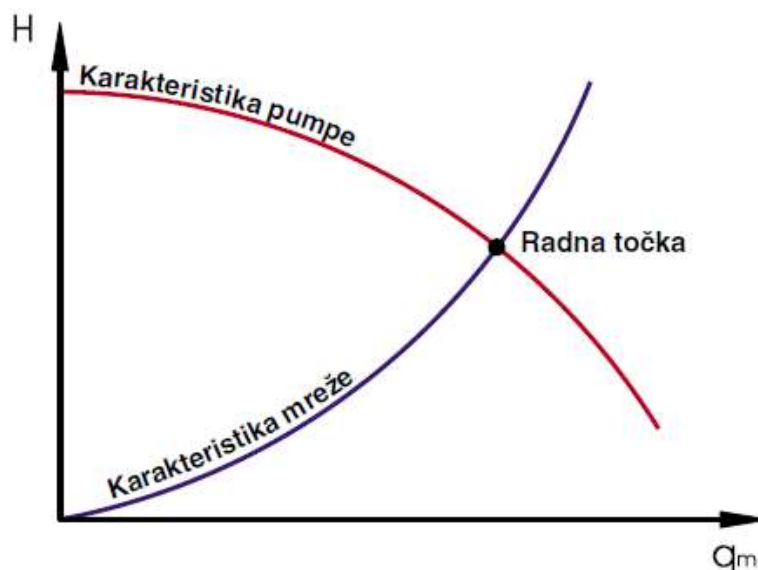
Termostatski ventil kao proporcionalni regulator bez pomoćne energije ima nepodesivo proporcionalno područje X_p . U slučaju da je područje proporcionalnosti premalo dolazi do većih oscilacija u radu dok se kod prevelikog područja proporcionalnosti javljaju odstupanja od željenih vrijednosti. Potrebu za automatskom regulacijom uzrokuju poremećaji koji utječu na promjenu temperature :

- Utjecaj vanjske temperature
- Izloženost zračenju Sunca
- Dodatni izvori topline (električni uređaji, rasvjeta, cijevi tople vode)

Prilikom izbora termostatskog ventila u obzir se uzimaju tehnički zahtjevi kao što su protok i diferencijalni tlak te ugradbene karakteristike, primjerice niše, pregrade i razmaci. Termostatski ventil se može podestiti na nekoliko razina, ovisno o temperaturi okoline, što je označeno brojkama na glavi termostatskog ventila.

3.2. Cirkulacijske pumpe

Crpke ili pumpe su uređaji čija je osnovna svrha prijenos fluida s niže na višu razinu, odnosno s nižeg na viši tlak. Pumpe osiguravaju odgovarajuću dobavu tako da pokrivaju sve gubitke koji se javljaju strujanjem fluida kroz sustav grijanja a sastoje se pada tlaka prouzrokovanog otporom trenja u cjevovodu te lokalnim otporima [2]. Rad pumpe prikazuje se dijagramom ovisnosti tlaka pumpe, odnosno visine dobave o volumnom protoku. Uz krivulju koja prikazuje karakteristiku pumpe ucrtava se i karakteristika cjevovoda a njihovo sjecište predstavlja radnu točku pumpe. Radna točka predstavlja ravnotežu između visine dobave koja se ostvaruje pumpom i padova tlakova u instalaciji.



Slika 13. Radna točka pumpe - sjecište karakteristike cjevovoda i pumpe

Pumpe se dijele na nekoliko osnovnih načina [4] :

1) prema načinu ostvarivanja podtlaka potrebnog za usis:

- klipne ili stapne
- centrifugalne

2) prema izvedbi kućišta u odnosu na doticaj motora s vodom:

- s morim rotorom
- sa suhim rotorom

3) prema izvedbi kućišta u odnosu na prijenos snage od motora do rotora:

- podvodne (imaju odvojeno kućište motora i rotora)
- uronjene (sa zajedničkim kućištem motora i rotore)

Svaku pumpu karakteriziraju neke osnovne značajke, a to su:

- **VISINA DOBAVE** koja predstavlja razliku tlakova na ulazu i izlazu iz pumpe, odnosno pokazuje koliki tlak pumpa može postići.
- **DOBAVNI PROTOK** koji predstavlja omjer ukupnog toplinskog učina sustava grijanja i umnoška specifičnog toplinskog kapaciteta i razlike temperature polaznog i povratnog voda ogrjevnog medija.

- BROJ OKRETAJA pumpe predstavlja veličinu određenu njezinom izvedbom a regulacijom broja okretaja postiže se točno prilagođavanje trenutačnim potrebama u sustavu.
- SNAGA I STUPANJ DJELOVANJA su mjerila potrošnje električne energije pumpe, odnosno pokazuju njenu učinkovitost u smislu procesa pretvorbe energije.

Za sustave grijanja s prisilnom cirkulacijom ogrjevnog medija koriste se isključivo cirkulacijske pumpe. One se uvijek dimenzioniraju za najveće toplinsko opterećenje, odnosno tako da omogućuje savladavanje svih otpora do kojih dolazi kod strujanja fluida - ogrjevnog medija. Pumpe se odabiru na osnovi ukupnog pada tlaka u instalaciji sustava grijanja, odnosno njegove najnepovoljnije vrijednosti. Kod ugradnji pumpi razlikuju se dvije varijante: ugradnja u polazni vod koja se koristi za izvore topline s malim otporima strujanja i ugradnja u povratni vod koja se koristi za izvore topline s velikim otporima strujanja. Prilikom dimenzioniranja i odabira crpke mogu biti predimenzionirane i poddimenzioniranje. Predimenzioniranjem pumpe dolazi do povećanja njezine snage ali ne i do povećanja učina ogrjevnih tijela, za razliku od poddimenzioniranja koje može imati za posljedicu smanjenje učina ogrijevnih tijela i do 50% [4]. Kako se nebi javljali navedeni problemi potrebno je naknadno prilagoditi pumpu stvarnim uvjetima. Prilagodba pumpe moguća je na četiri osnovna načina:

- prigušivanjem protoka pomoću zapornih elemenata na tlačnoj strani pumpe
- ugradnjom prenosnog voda između usisnog i tlačnog kanala u kućištu pumpe
- promjenom broja okretaja pumpe
- izmjeničnim pogonom više pumpi

Odabir pumpi je takav da one pri nazivnim radnim uvjetima rade na maksimalnom broju okretaja a smanjenjem broja okretaja prilagođavaju se radu sustava kod manjih toplinskih opterećenja. Kako je u većini vremena opterećenje znatno manje od maksimalnog pumpu je potrebno prilagoditi takvm uvjetima. Regulacija može biti stupnjevana, promjenom promjera kola ili broja okretaja, pred podešavanjem lopatica, iskapčanjem i ukapčanjem pumpe u pumpnoj grupi ili kontinuirana te frekventnom regulacijom broja okretaja. Najpovoljnija regulacija je frekventna regulacija broja okretaja.

Frekventno regulirane pumpe postoje i kao kompaktne pumpe s elektronskom regulacijom a sastoje se od pumpe, motora, frekventnog regulatora i upravljačkog sklopa. Regulator može biti izveden kao regulator diferencijalnog tlaka ili temperature i on šalje signale upravljačkom sklopu koji temeljem tih signala mijenja broj okretaja pumpe.

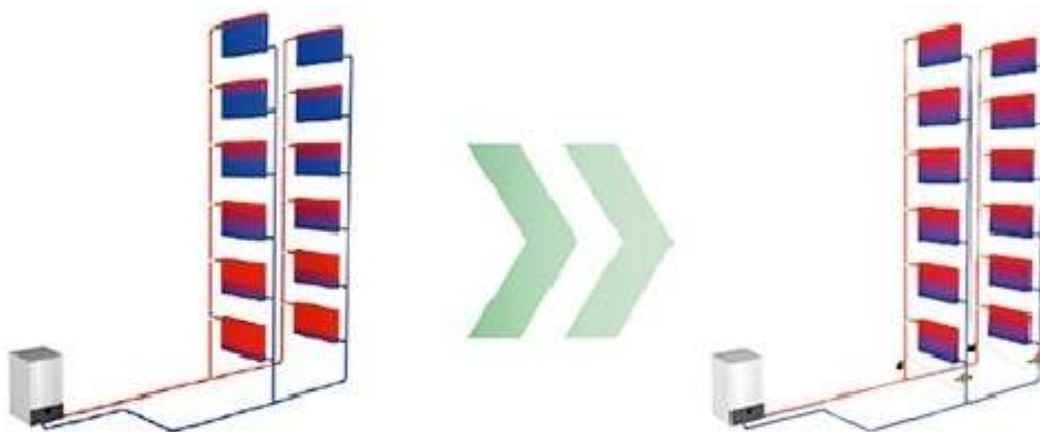


Slika 14. Regulatori diferencijalnog tlaka - Herz

Ovakva regulacija omogućuje uštedu električne energije za pogon pumpe, osigurava potreban protok za sustav grijanja čime se smanjuje neželjena buka u instalaciji centralnog grijanja unutar stambene zgrade, te osigurava kvalitetniji rad termostatskih ventila.

3.3. Hidrauličko uravnoteženje cijevne mreže

Pravilan pogon sustava grijanja mora ispunjavati dva osnovna cilja a to je osiguranje traženih uvjeta ugodnosti u svim grijanim prostorijama te minimalan utrošak energije. Zahtjeve nije moguće ispuniti samo ugradnjom klasičnog termoregulacijskog ventila s termostatskom glavom [15]. Posljedice hidraulički neuravnoteženog sustava su neuravnotežena cirkulacija vode što znači da se pojedini dijelovi zagrijevaju prebrzo i previše, dok se ostatak zagrijava nakon dosta vremena ili uopće nije zagrijan. Pretjerano zagrijavanje događa se u prostorijama koje su bliže kotlovnici dok do premalog zagrijavanja dolazi u krajnjim prostorijama.



Slika 15. Neuravnotežen i uravnotežen sustav grijanja

Također, kod instalacija razlikujemo dvije skupine, odnosno instalacije sa stalnim protokom i instalacije sa promjenjivim protokom [16]. Kod instalacija sa stalnim protokom pad tlaka i protok su stalni. Većina starih sustava grijanja upravo je projektirana za takav sustav rada što zbog drugačijeg pristupa projektiranju s obzirom na stupanj razvijenosti tehnologije a što zbog niske cijene energenata. U takve sustave ugrađivani su obični ručni ventili. Kod takvog stacionarnog sustava nije dolazilo do promjena koje utječu na promjenu količine protoka ogrjevnog medija za vrijeme grijanja, odnosno sustav je bio projektiran samo za jedan temperaturni režim rada. Problemi su se počeli pojavljivati primjerice, kod renoviranja kotlovnice, podstanice čime se promijenio režim rada, obično s manjim polaznim temperaturama vode. Također, korisnici su zbog toga morali nadograđivati ili mijenjati radijatore a svaka promjena unutar sustava dovodi do odstupanja sustava od projektiranog i poremećaja unutar uravnoteženog sustava centralnog grijanja.

Dodatne poteškoće na takvom već narušenom sustavu grijanja predstavlja ugradnja termostatskih ventila koji stacionaran sustav pretvaraju u dinamički. Termostatski ventili, kako bi zadovoljili zahtjeve održavanja konstante temperature prostorije, po potrebi zatvaraju ili prigušuju protok ogrjevnog medija. Svako zatvaranje radijatora smanjuje potrebu za količinom vode u sustavu. Budući da sustav pumpi nije projektiran za promjenjivi protok rada one i dalje potiskuju istu količinu vode kroz vertikale i radijatore koji su ostali otvoreni. Dolazi do normalne fizikalne pojave, povećava se brzina strujanja kroz sustav cjevovoda. Prevelike brzine uzrokuju nove neželjene efekte kao što su pojava šumova, povećan gubitak

toplinske energije u razvodu centralnog sustava i neispravno funkcioniranje termostatskih ventila. Zbog veće brzine strujanja ogrjevnog medija krajnji stanovi se griju previše dok oni blizu kotlovnici ostaju nedovoljno zagrijani. U praksi za takve probleme postoji nekoliko načina njihova rješavanja koji su redom pogrešni [15]. Često se instaliraju pumpe sa prevelikom visinom dobave a time se želi povećanjem tlaka dobave pumpe kompenzirati manjak protoka na kraju razvoda. Ovakvo rješenje je izuzetno neučinkovito jer za određen iznos povećanja protoka potrebno je znatno veće povećanje tlaka što možemo vidjeti iz ovisnosti između promjene tlaka i snage te promjene protoka:

$$\frac{\Delta p_1}{\Delta p_2} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2 \quad \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^3 \quad (18)$$

Gdje je:

- Δp - ukupni pad tlaka u cjevovodu
- V - volumenski protok ogrjevnog medija
- P - snaga pumpe

Primjerice, za povećanje protoka od 25% potrebno je povećanje tlaka dobave od 56% pri čemu, naravno, raste trošak električne energije za pogon pumpe i to gotovo za dupli iznos.

Kao još jedno rješenje, postavlja se promjena polazne temperature vode. No, to je također neučinkovito jer samo povećanje temperature prostora za 1 °C, povećava troškove energije za pogon sustava za oko 5% na godišnjoj razini. Osim porasta troškova ovaj pristup kako bi udovoljio poboljšanjem uvjeta u kritičnim prostorijama dovodi do pregrijavanja preostalih prostorija. Dodatni pokušaji regulacije sustava koji se također primjenjuju u praksi su: dodavanje cirkulacijske pumpe na kraju cijevnog razvoda, dodavanje opreme za lokalno grijanje u prostore na kraju cijevnog razvoda i slično, a svi uzrokuju porast troškova te predstavljaju neracionalno gospodarenje energijom.

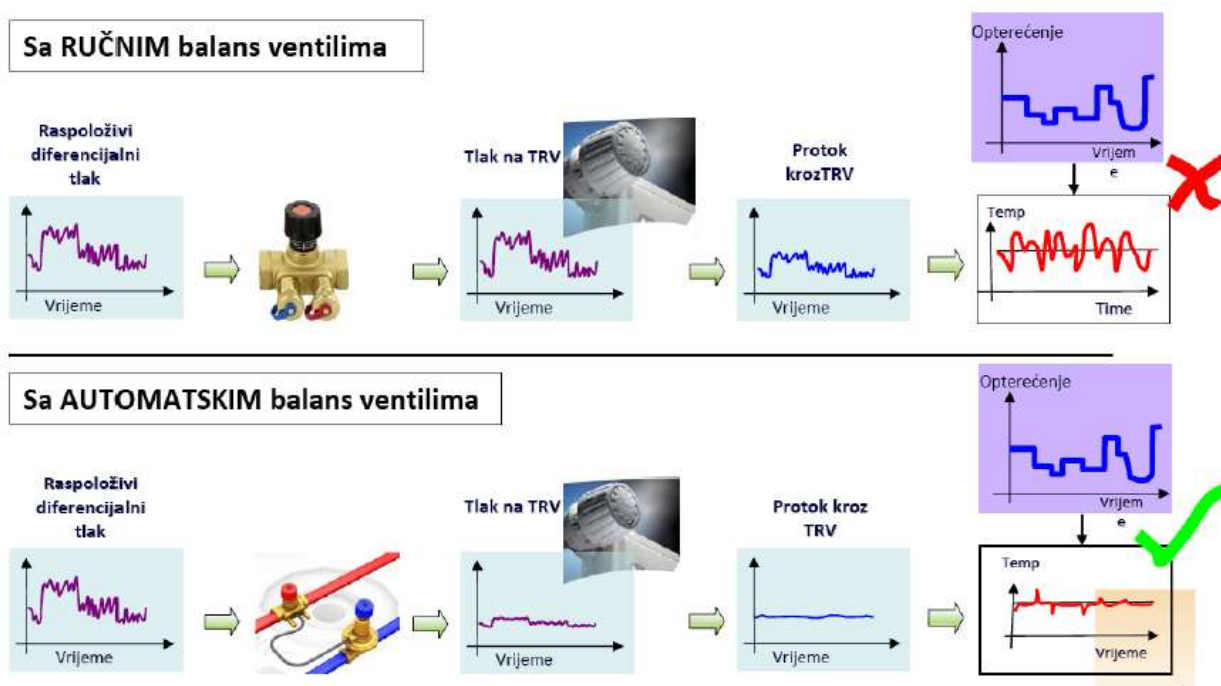
Logičan način hidrauličkog uravnoteženja jednostavnog sustava grijanja može se postići na principu povećanja otvora cijevi s povećanjem udaljenosti od spremnika čime se postiže jednak protok kroz sve otvore. Na tom principu radi predregulacija protoka na termoregulacijskom ventilu. Ipak, takvo rješenje nije funkcionalno kod složenih sustava jer termoregulacijski ventili sa predpodešenjem ili prigušnicama imaju svoja ograničenja koja s odnose na: ograničeno prigušenje, odnosno protok koji je moguće regulirati, međusobni

utjecaj elemenata koji se podešavaju na one već podešene, problem dinamičkog uravnoteženja instalacija zbog promjenjivih uvjeta u pogonu, nemogućnost podešavanja ukupnih protoka na pojedinim granama ili ograncima razvoda.

Kod smanjenja ogrjevnog učinka u djelomičnom opterećenju dolazi do porasta raspoloživog tlaka na radijatorskom termostatskom ventilu. Kod nominalnog protoka pad tlaka na termostatskom ventilu je malen dok je pad tlaka na ručnom balansirajućem ventilu veći, a obrnut slučaj je kod smanjenog protoka gdje je pad tlaka na termostatskom ventilu velik, a pad tlaka na ručnom balansirajućem ventilu mali. Posljedica toga je da termostatski ventil nema nikakav utjecaj na hidrauliku sustava pri smanjenom protoku i javlja se buka na radijatorskim termostatskim ventilima. Učinkovitost regulacije pogona kod termostatskih ventila ovisi o padovima tlaka ukoliko su padovi tlaka većih od 60 kPa termostatske ventile uopće nije moguće zatvoriti [15].

Dodatno rješenje koje se viđa u praksi je primjena pumpi s promjenjivim brojem okretaja ili kao što je prethodno spomenuto, frekventno reguliranih pumpi. Ugradnjom takvih pumpi samo se djelomično rješava problem jer pumpe ne mogu pridonijeti smanjenju višestrukog povećanja diferencijalnog tlaka na regulatoru tlaka pri djelomičnom opterećenju.

Hidraulički uravnotežen (balansiran) sustav je onaj sustav koji ima potrebne protoke i odgovarajuće diferencijalne tlakove ogrjevnog medija pri nazivnom ali i pri djelomičnom opterećenju grijanja. Kod dinamičkih sustava, koji se uvijek pojavljuju u sustavima sa termostatskim ventilima, protok je promjenjiv. Kod takvog sustava protok mora biti prilagođen trenutačnoj toplinskoj bilanci zgrade za što se koriste dinamički elementi, odnosno automatski balansirajući ventili. Na taj način ispunjeni su zahtjevi za pravilnom razdiobom tlaka u svakoj grani razvoda, regulacijom protoka do svakog trošila pri promjenjivim uvjetima, odgovarajućom razdiobom topline u svakoj prostoriji. Ovakav način regulacije rješava probleme pada tlaka na termoregulacijskim ventilima pri različitim protocima jer pri smanjenom protoku sav višak razlike tlakova preuzimaju automatski balansirajući ventili.



Slika 16. Potpuno uravnotežen sustav pomoću automatskog balans ventila

Ugradnja automatskog balans ventila čini svaki usponski vod neovisnim, što znači da promjene u sustavu u drugim dijelovima zgrade neće imati nikakav utjecaj. Osiguravanjem kontinuirano stabilnog diferencijalnog pritiska u usponskom vodu pozitivno utječe na rad termostatskih radijatorskih ventila.

U novije vrijeme se također koristi kao mogućnost hidrauličkog uravnoteženja sustava i ventil koji u jednom kućištu objedinjava regulacijski ventil i automatsko balansirajući ventil.



Slika 17. Kombinirani regulacijski i balans ventili - Danfoss AB - QM

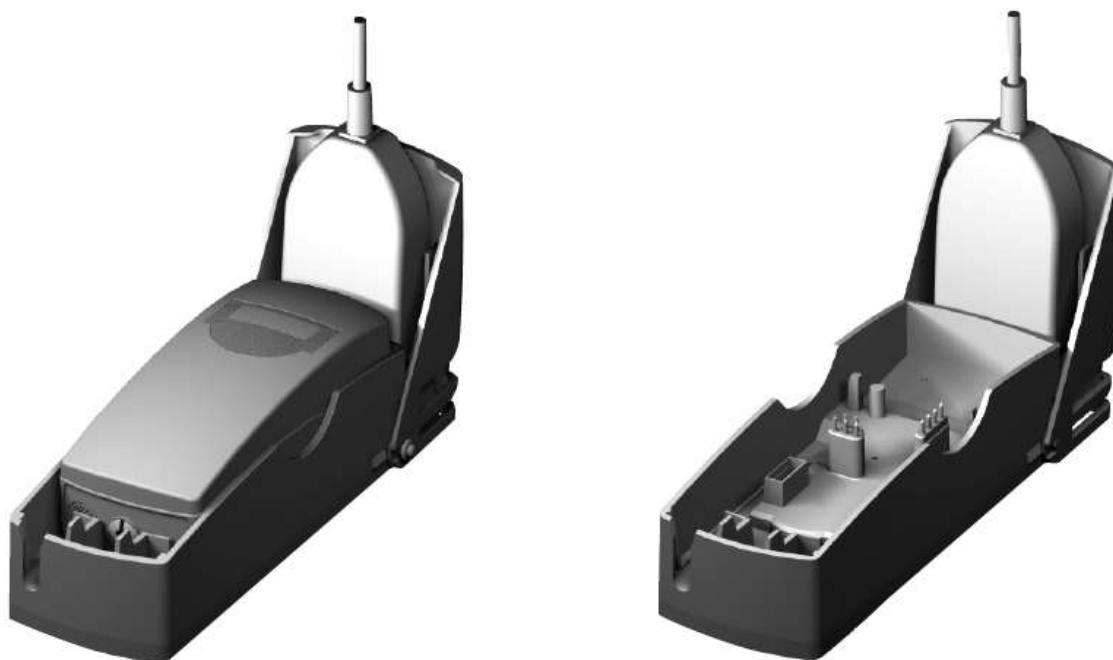
To su tlačno neovisni regulacijski ventili (PIBCV – Pressure Independent Balancing Control Valve), koji automatski ispravljaju promjene tlaka i stabiliziraju pogon sustava grijanja. Ventil nameće svoju karakteristiku hidrauličkom krugu kojim upravlja što određuje njegov autoritet, odnosno on iznosi $a = \text{konst}$ jer je razlika tlaka na PIBCV ventilu konstantna što pojednostavljuje dimenzioniranje te se ventil može odabrati samo prema protoku.

Prije izvođenja postupka balansiranja potrebno je osigurati neke preuvjete. Postupak je prilagođen značajkama određenog sustava ali slijedi neke poznate i usvojene metode. Potrebno je osigurati kompletnost instalacije, sustav mora biti ispran i odzračan, hvatači nečistoća trebaju biti očišćeni, ventili ispravno montirani i potpuno otvoreni a crpka treba raditi ispravnom brzinom.

4. POSTUPAK UGRADNJE RAZDJELNIKA

Razdjelnici topline ugrađuju se u nekoliko faza. Prije same ugradnje razdjelnika i kontaktiranja ovlaštene tvrtke predstavnik stanara u suradnji sa svim stanarima prikuplja ponude tvrtki za ugradnju uređaja te odabire jednu od ponuđenih. Prilikom donošenja odluke o ugradnji uređaja za regulaciju odavanja topline i uređaja za lokalnu razdiobu isporučene toplinske energije, zbog tehničke funkcionalnosti sustava i ostvarivanja energetske uštede te pravednije raspodjele isporučene toplinske energije, potrebna je ugradnja uređaja na najmanje 80% svih samostalnih uporabnih cjelina [7]. Ovu odluku je donijelo ministarstvo gospodarstva u Pravilniku o načinu raspodjele i obračunu troškova za isporučenu toplinsku energiju i to na temelju članka 33. stavka 2. Zakona o tržištu toplinske energije. Ugradnja razdjelnika je obavezna što je također utvrđeno krajnjim rokovima ugradnje a regulirati će se novčanim kaznama ukoliko se obveza ne ispuni do predviđenih datuma. Ovlaštene tvrtke koje se bave ugradnjom razdjelnika u sklopu prvog kontakta sa stanarima običavaju početno informirati stanare dajući im osnovne informacije o karakteristikama uređaja i cjelokupnog sustava. Sljedeću fazu čini snimanje na terenu - tvrtke šalju svoje ljude u pojedine zgrade koji evidentiraju stanare koji će ugraditi razdjelnike topline, zatim se mjere dimenzije ogrjevnih tijela te se ista kategoriziraju prema vrsti, materijalu odnosno proizvođaču, izrađuju se tlocrti stanova i ucrtavaju se vertikale.

Nakon toga dolazi proračun snage ogrjevnih tijela i određivanje Kc faktora. Kc faktor je definiran od strane proizvođača a govori o geometrijskom obliku ogrjevnog tijela. Nakon što su prikupljeni svi podaci o mjestu ugradnje moguće je programirati razdjelnike prema određenom ogrjevnom tijelu na koji se postavljaju. Svaki razdjelnik se programira prema točno određenom radijatoru na koji će se postaviti. Programiranje se radi pomoću programatora na koji se stavlja razdjelnik i u njega se unose traženi parametri.



Slika 18. Programator sa i bez razdjelnika topline

Posljednja faza je ugradnja nosača na ogrjevna tijela te postavljanje razdjelnika topline na njih. Kod montiranja nosača za razdjelnik topline ovisno o ogrjevnom tijelu, ponekad je nužno točkasto zavarivanje, odnosno punktiranje, što je primjerice slučaj sa pločastim radijatorima.

Uz razdjelnike je također obavezna ugradnja termostatskih ventila. Razdjelnici topline se mogu ugraditi i dok je sustav centralnog grijanja u funkciji, međutim prilikom ugradnje termostatskih ventila sustav grijanja je potrebno isprazniti. Također, iako nije zakonski regulirano za ispravan rad sustava grijanja, preporuča se hidrauličko uravnoteženje te ugradnja frekventno reguliranih pumpi.

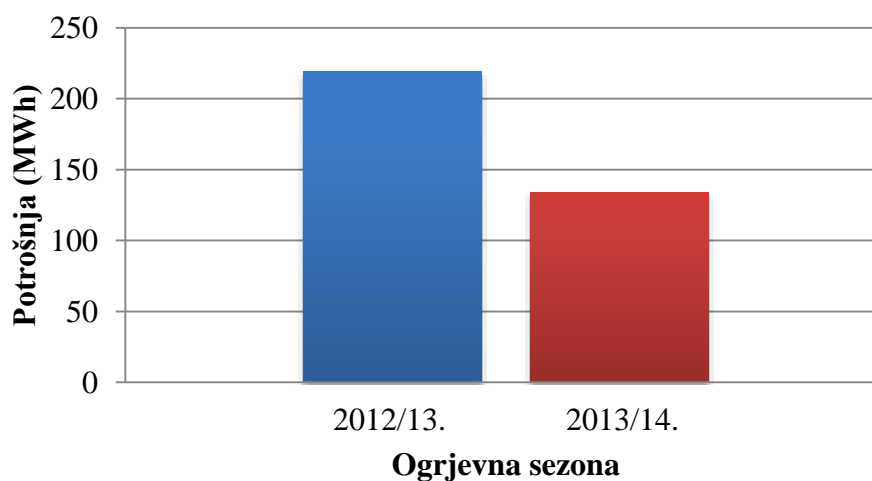
Kako se danas ugrađuju elektronički razdjelnici sa sustavom daljinskog očitavanja nakon ugradnje potrebno je podatke učitati na mrežu u bazu podataka. Baza podataka predstavlja sustav daljinskog očitavanja potrošnje toplinske energije. Rezultate o potrošnji je moguće pratiti na Internetu ili na LCD monitoru svakog pojedinog razdjelnika topline. Nakon što specijalizirana tvrtka završi sve potrebne radove predstavnik ponovno stupa u kontakt s HEP-

toplinarstvom koje određuje način raspodjele i obračuna troškova isporučene toplinske energije. Specijalizirana tvrtka očitava potrošnju te izvještaje isporučuje toplani, koja je i dalje nadležna za naplatu vlastite toplinske energije.

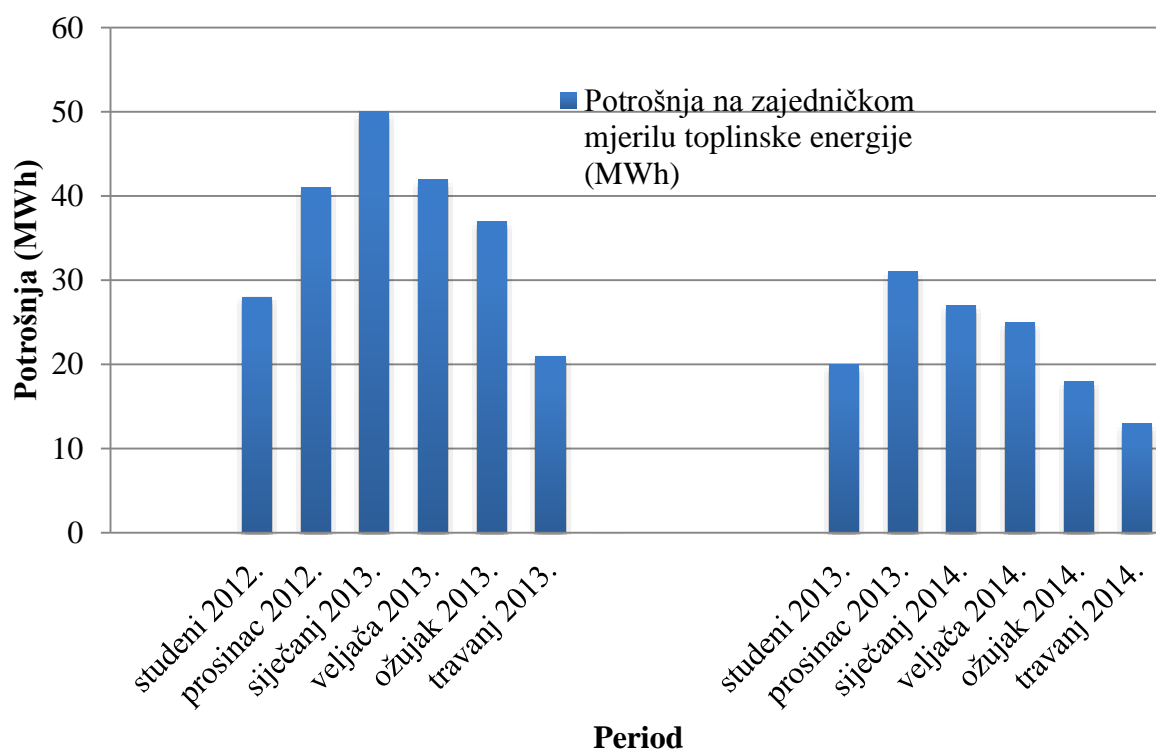
Specijalizirana tvrtka se bavi i održavanjem mreže kolektora signala i razdjelnika topline u slučaju kvarova koje je zatim potrebno otkloniti u što kraćem roku ili u slučaju manipulacije samim uređajima koji potom automatskim putem javljaju grešku.

5. ANALIZA PODATAKA PRIKUPLJENIH MJERENJEM

Sljedeće poglavlje prikazuje stvarne podatke dobivene očitanjem potrošene toplinske energije pomoću mjerila toplinske energije kroz dvije ogrjevne sezone. Odabrani stambeni objekt se nalazi na području grada Zagreba. Objekt se sastoji od 23 stana s ukupnom površinom od 1058,72 m². U ogrjevnoj sezoni 2012/13., odnosno u razdoblju od studenog 2012. do travnja 2013. zgrada nema ugrađene uređaje za lokalnu razdiobu isporučene toplinske energije. U ogrjevnoj sezoni 2013/14., odnosno u razdoblju od studenog 2013. do travnja 2014. u zgradu se ugrađuju razdjelnici topline. Razdjelnici topline su ugrađeni u 18 stanova što pokriva površinu zgrade od 828,04 m², dok ostatak zgrade s površinom od 230,68 m² nema ugrađene razdjelnike topline. Potrošnja toplinske energije za cijelu zgradu vrši se na zajedničkom mjerilu toplinske energije. U krugu grijanja stambenog objekta nalazi se i instalacija za pripremu potrošne tople vode te zajedničko mjerilo toplinske energije registrira potrošnju toplinske energije za grijanje i zagrijavanje potrošne tople vode. Za sustav potrošne tople vode nije instalirana nikakva instalacija individualnog mjerenja potrošnje po stanovima. Usporedbom rezultata iz ove dvije sezone uočava se kako je u sezoni 2012/13. ukupna potrošnja znatno smanjena. Prije daljnje analize potrebno je napomenuti utjecaj vremenskih uvjeta koji je mogao utjecati na takav rezultat. Ogrjevna sezona 2013/14. bila je znatno blaža od prethodne, s nižim prosječnim vanjskim temperaturama zraka što je direktno povezano s manjom potrebom za grijanjem, odnosno isporukom, a time i potrošnjom toplinske energije.

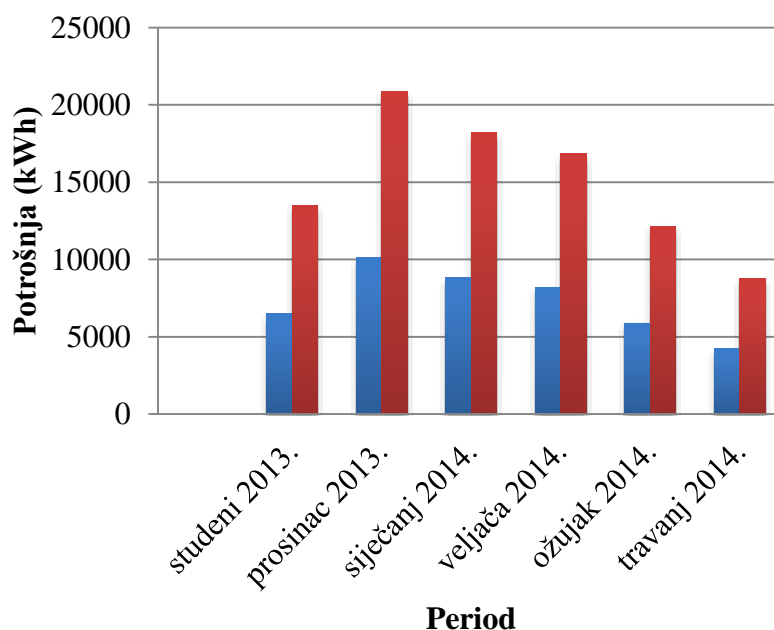


Slika 19. Usporedba potrošnje ogrjevnih sezona 2012/13. i 2013/14. na godišnjoj razini



Slika 20. Usporedba potrošnje ogrjevnih sezona 2012/13. i 2013/14. po mjesecima

Modeli raspodjele i obračun troškova za isporučenu toplinsku energiju na zajedničkom mjerilu toplinske energije propisani su Pravilnikom o načinu raspodjele i obračuna troškova za isporučenu toplinsku energiju [21] na temelju Zakona o tržištu toplinske energije. Za raspodjelu isporučene toplinske energije za grijanje i pripremu potrošne tople vode na zajedničkom mjerilu toplinske energije kao i za raspodjelu i obračun troškova za isporučenu toplinsku energiju postoji više modela, a primjenom jednog ili kombinacijom dva osnovna modela energija se raspodjeljuje na krajnje kupce. Primjenom određenog modela prema navedenom pravilniku uz korekciju raspodjele toplinske energije određena je raspodjela energije između stanara koji su ugradili razdjelnike topline i onih koji još nisu ugradili navedene uređaje.



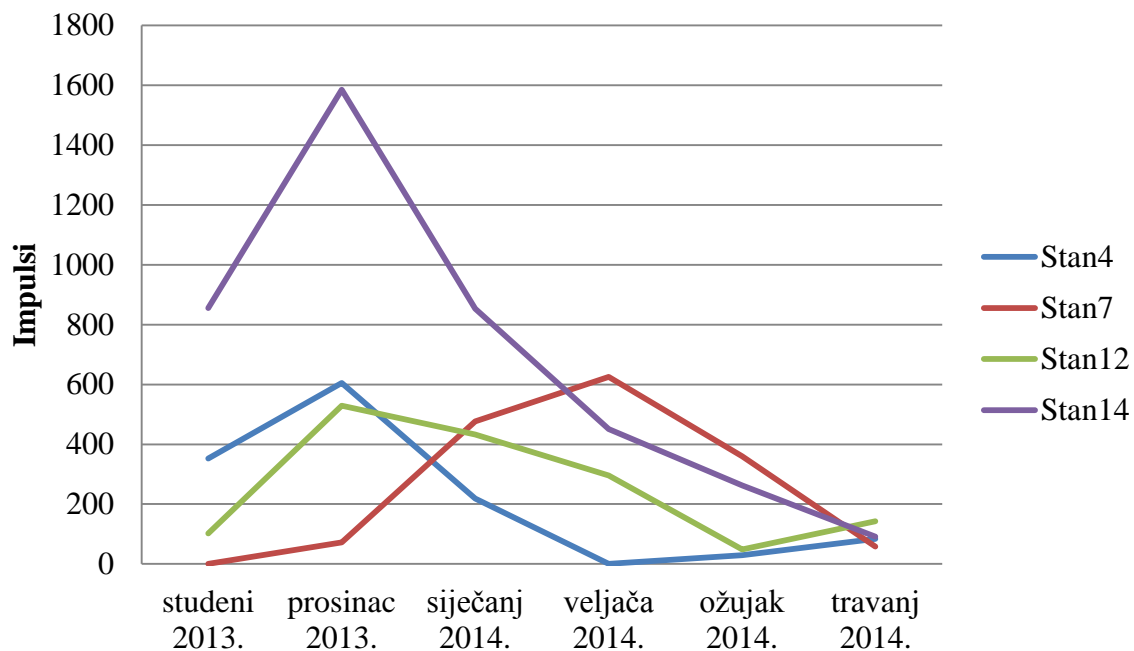
- dio isporučene toplinske energije za sve samostalne uporabne cjeline koje nemaju ugrađene razdjelnike topline
- dio isporučene toplinske energije za sve samostalne uporabne cjeline koje imaju ugrađene razdjelnike topline

Slika 21. Usporedba potrošnje između stanova s i bez ugrađenih razdjelnika topline određenih prema jednom od modela prema Pravilniku

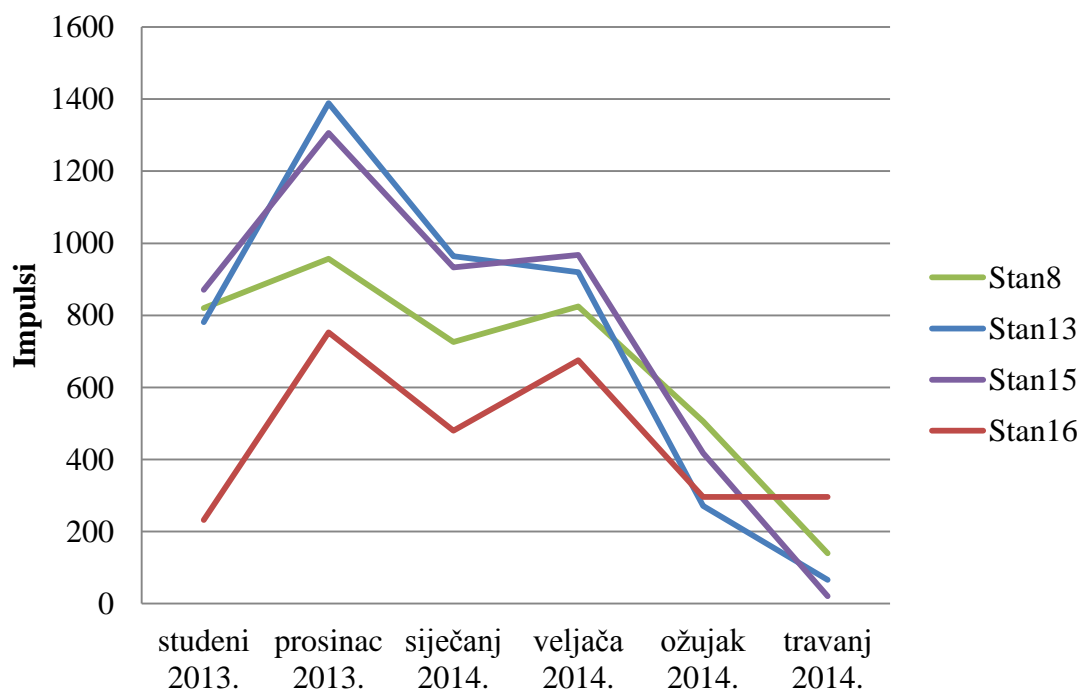
Ukupno potrošena energije u zgradi najprije se odvajaju na stanove koji na ogrjevnim tijelima nemaju ugrađene razdjelnike topline prema prethodno navedenom postupku.

Sljedeći dijagrami pokazuju ponašanje pojedinih stanova u korištenju toplinske energije. Praćenje potrošnje preko impulsa očitanih na razdjelnicima topline omogućuje kontrolu potrošene toplinske energije reguliranjem potrebne toplinske energije za zagrijavanje prostorija na samim ogrjevnim tijelima pomoću uređaja za regulaciju odavanja toplinske energijem smanjenjem ili povećanjem protoka ogrjevnog medija. Odnosno, u slučaju da nema potrebe za toplinskom energijom na pojedinom ogrjevnom tijelu ili čak cijelom stanu, ventile na ogrjevnim tijelima je moguće potpuno zatvoriti i na taj način se toplinska energija više ne obračunava kao što je slučaj kod obračunavanja toplinske energije prema kvadraturi stana

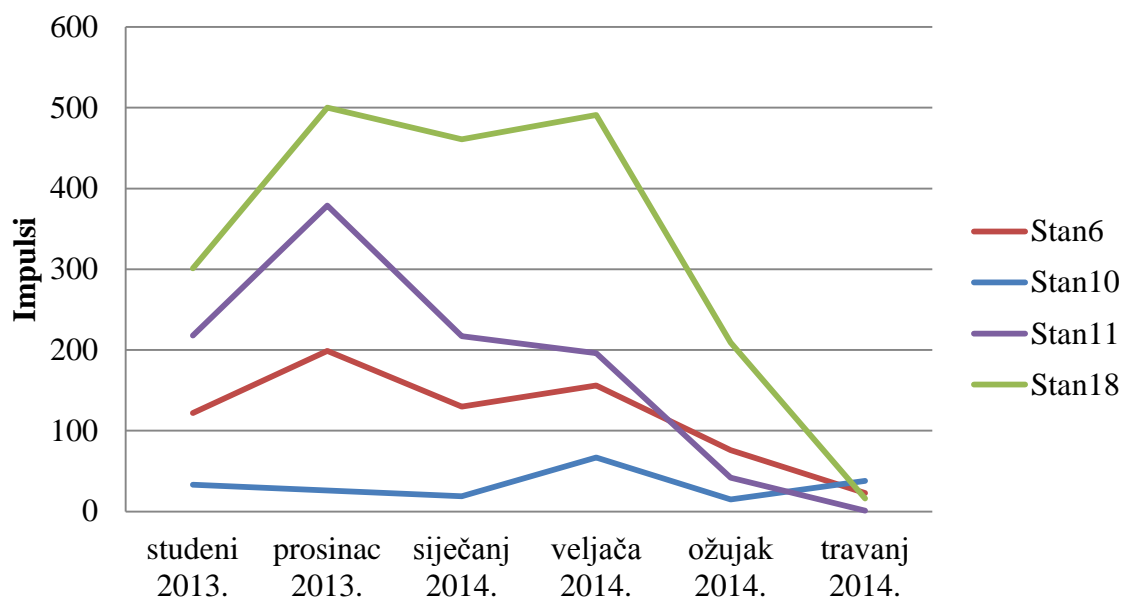
gdje krajnji potrošači plaćaju određeni iznos za toplinsku energiju bila ona stvarno potrošena ili ne.



Slika 22. Ponašanje pojedinih stanova u korištenju toplinske energije - slučaj 1



Slika 23. Ponašanje pojedinih stanova u korištenju toplinske energije - slučaj 2



Slika 24. Ponašanje pojedinih stanova u korištenju toplinske energije - slučaj 3

Iz prikazanih dijagrama potrošnje toplinske energije u pojedinim stanovima vidi se različito ponašanje pojedinih stanara. Potrošnja svakako ovisi o potrebama za grijanjem samog stana i to s obzirom na njegove karakteristike kao što su veličina, položaj stana u objektu, toplinska izolacija, kvaliteta stolarije i slično. Stanovi koji imaju nepovoljan položaj u objektu, koji se nalaze na rubnim dijelovima zgrade, ispod ili iznad negrijanih prostora trošiti će više energije za zagrijavanje prostora od stanova s povoljnim položajem. Zbog toga je moguće povećanje računa takvih stanova u odnosu na stariji način obračuna potrošnje prema površini stana. Individualnim mjerenjem potrošnje toplinske energije nastoji se razviti psihološki efekt racionalnog korištenja energije s krajnjim ciljem uštede primarne, a time i sekundarne energije. Uređaji registriraju svako pritvaranje ili potpuno zatvaranje ventila na pojedinim ogrjevnim tijelima i na taj način osiguravaju korisnicima da plate onaj dio toplinske energije koji su utrošili. Ukupan mjesečni iznos koji korisnici plaćaju isporučitelju toplinske energije u slučaju ušteda u konačnici nije proporcionalan uštedama jer obračun toplinske energije prema impulsima čini samo jedan dio od ukupnog iznosa računa. Obračun potrošnje toplinske energije, odnosno njegova naplata vrši se kroz tri stavke od kojih su dvije nepromjenjive a odnose se na plaćanje prema projektnoj snazi instaliranih ogrjevnih tijela i održavanje sustava, dok se treća odnosi, kao što je navedeno, na potrošnju energije raspodijeljenu prema impulsima očitanim na razdjelnicima topline. Zadnja stavka je promjenjiva i ovisi o ukupnoj

količini utrošene energije očitanoj na zajedničkom mjerilu toplinske energije. Vrijednost impulsa je također promjenjiva i ovisi o količini utrošene energije na zajedničkom mjerilu toplinske energije u pojedinom mjesecu. Prema navedenom slijedi da jedan impuls u mjesecu veće potrošnje energije može vrijediti više od mjeseca kada je utrošeno manje energije za grijanje. Raspodjela obračuna potrošnje unutar stavke koja se odnosi na razdjelnike vrši se samo dijelom prema udjelu broja očitanih impulsa dok se određeni postotak obračunava prema udjelu snage samostalne uporabne cjeline u snazi svih samostalnih uporabnih cjelina odnosno, prema udjelu površine. Postotak isporučene toplinske energije koji se obračunava preko impulsa iznosi najmanje 50%, a najviše 90% [21].

6. ZAKLJUČAK

Mjerenje toplinske energije u sustavima daljinskog grijanja predstavlja jedno od najkompleksnijih vrsta mjerenja, a koje se provodi u svrhu naplate isporučene toplinske energije od proizvođača toplinske energije potrošačima.

U današnje vrijeme, koje karakterizira porast cijena energenata, nužno je prihvatiti nova razvijena tehnička rješenja koja omogućuju kontrolu potrošnje. Za mogućnost postizanja ušteda, uz pravedan način razdiobe potrošnje, potrebno je provesti dodatne radove i ugraditi dodatne uređaje. Tek tada se stvaraju preduvjeti za potencijalne uštede u potrošnji toplinske energije, iako ona i dalje ovisi i o drugim, prethodno navedenim faktorima.

Ovim radom dan je pregled uređaja za lokalnu razdiobu toplinske energije u skladu sa zakonskim regulativama i europskim normama kroz detaljan opis vrsta, glavnih karakteristika uređaja te načina rada. Prema prikazanim karakteristikama i u skladu s tehnološkim razvojem preporuča se ugradnja elektroničkih razdjelnika s radijskom komunikacijom dok se izjegava primjena ostalih tipova. Razdjelnici topline omogućuju raspodjelu ukupne potrošnje toplinske energije zgrade prema stvarnoj potrošnji. Uz njih se postavljaju i termostatski ventili koji nisu nužni za sustava mjerenja razdiobe potrošnje i rade neovisno o razdjelnicima topline ali bez njih sustav nije učinkovit.

LITERATURA

- [1] Recknagel, Sprenger, Schramek, Čeperković: Grejanje i klimatizacija, Interklima, Vrnjačka Banja, 2004
- [2] Borković Ž., Pavković B.: Priručnik za energetske certificiranje zgrada - poglavlja 4, 5 , Program Ujedinjenih naroda za razvoj - UNDP, Zagreb, 2010.
- [3] Balen, I.: Predavanja: Klimatizacija, grijanje, hlađenje, FSB, Zagreb, 2012.
- [4] Labudović B.: Priručnik za grijanje, Energetika marketing, Zagreb, rujan 2005.
- [5] Zakonu o tržištu toplinske energije »Narodne novine« broj 80/13, 24. lipnja 2013., Zagreb
- [6] Vuk R.: Članak iz časopisa EGE: Individualno mjerenje toplinske energije po stanovima - implementacija u obračun troškova isporučene topline, 2000.
- [7] Pravilnik o načinu raspodjele i obračunu troškova za isporučenu toplinsku energiju: »Narodne novine« broj 80/13 i 14/14, Zagreb, 1. kolovoza 2014.
- [8] Odluka o donošenju programa energetske obnove komercijalnih nestambenih zgrada za razdoblje 2014.- 2020. godine s detaljnim planom energetske obnove komercijalnih nestambenih zgrada za razdoblje 2014. - 2016. godine »Narodne novine« broj 98, Zagreb, 30. srpnja 2014.
- [9] <http://hep.hr/toplinarstvo/povijest/default.aspx> - studeni 2014.
- [10] CEN: Europska norma 834: Djelitelji troškova grijanja za određivanje potrošnje radijatora za grijanje prostorija - Uređaji s napajanjem električnom energijom, 1994.
- [11] J.P.Fischer Hansen, Electronic heat cost allocators- what to measure and where to be installed: article from Danish magazine VVS volume, 8.lipnja 1998.

- [12] CEN: Europska norma 835: Heat cost allocators for the determination of the consumption of room heating radiators - Appliances without electrical energy supply, based on the evaporation principle, 1994
- [13] Blažinić I.: Seminarski rad: Mjerila toplinske energije, Zagreb, 2013.
- [14] Jauschowitz R.: HERZ Sustavi toplovodnog grijanja, Hidraulika, Herz Armaturen Ges.m.b.H, Beč, 2004
- [15] Balen I., Cetinić I., Hidrauličko uravnoteženje sustava grijanja i hlađenja - predavanje za stručno usavršavanje ovlaštenih arhitekata i ovlaštenih inženjera, studeni 2013.
- [16] Regulacija i balansiranje sustava za klimatizaciju i grijanje - priručnik, Danfoss, Zagreb
- [17] www.danfoss.com - studeni 2014.
- [18] <http://www.hep.hr/toplinarstvo/> - studeni 2014.
- [19] <http://brunata.com/> - studeni 2014.
- [20] <http://www.ti-san.hr/> - studeni 2014.
- [21] Pravilnik o načinu raspodjele i obračunu troškova za isporučenu toplinsku energiju, 1. kolovoza 2014., Zagreb